
BACHELORARBEIT

Herr

Erik Wilamowski

**Konstruktion eines Insert
Molding-Spritzgieß-
werkzeuges**

2011

BACHELORARBEIT

Konstruktion eines Insert Molding-Spritzgieß- werkzeuges

Autor:
Erik Wilamowski

Studiengang:
Maschinenbau

Seminargruppe:
MB07w1-B

Erstprüfer:
Prof. Dr.-Ing. Uwe Mahn

Zweitprüfer:
Dipl.-Ing. Rainer Roth

Mittweida, Februar 2011

Bibliographische Angaben:

Wilamowski, Erik:

Konstruktion eines Insert Molding-Spritzgießwerkzeuges von der Produktentwicklung des Artikels bis zur Bemusterung und Auswertung des fertigen Werkzeuges und Kunststoffteiles – 2010 – 69 S.

Mittweida, Hochschule Mittweida (FH), University Of Applied Sciences,
Fakultät Maschinenbau, Bachelorarbeit, 2011

Referat:

Inhalt dieser Arbeit ist die Konstruktion eines Insert Molding-Spritzgießwerkzeuges von der Produktentwicklung des Artikels bis zur Bemusterung und Auswertung des fertigen Werkzeuges und Kunststoffteiles. Dabei handelt es sich um ein serientaugliches Folienwerkzeug, das für die Produktionskontrolle und für Testzwecke von Folien benötigt wird. Der Artikel ist eine Mittelblende, welcher zu Beginn nach Kundenvorgaben entwickelt und mit dem Dekorationsverfahren Insert Molding hergestellt wird. In dem Konstruktionsablauf ist eine Moldflow-Analyse integriert, die zur Kontrolle und Auslegung sowohl des Artikels als auch des Werkzeuges dient. Es wird aufgezeigt in welchen Bereichen des Konstruktionsablaufes die Moldflow-Analyse eingebettet ist. Auf Grundlage der Bemusterung wird das fertige Werkzeug bewertet und die theoretischen Ergebnisse dieser Analyse werden mit dem Artikel verglichen und ausgewertet.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	I
Bilderverzeichnis	V
Tabellenverzeichnis	IX
1 Einleitung	1
1.1 Zielsetzung	1
1.2 Kapitelübersicht	1
2 Stand der Technik bei Dekorationsverfahren	3
2.1 Heißprägen	3
2.2 Heat Transfer	4
2.3 Inmold Dekoration.....	4
2.4 Insert Molding	6
3 Produktentwicklung der Mittelblende	9
3.1 Kundenvorgaben	9
3.1.1 Vorgabe Sichtdesign.....	9
3.1.2 Vorgabe Funktionsdesign	9
3.1.3 Einleger für Foliendekoration.....	10
3.2 Randbedingungen für die Erstellung des 3D-Datensatzes „Mittelblende“	10
3.2.1 Wandstärken-Rippenverhältnis.....	10
3.2.2 Entformungskoniken in Abhängigkeit von Oberflächenstruktur und Kunststoff.....	11

3.2.3	Spritzgießwerkzeug optimiertes Design	12
3.2.4	Festlegung des zu dekorierenden Bereiches	12
3.3	Erstellung des 3D-Datensatzes „Mittelblende“	13
3.4	Kontrolle der Artikelgeometrie mittels Füllanalyse	16
3.4.1	Anspritzenarten	16
3.4.2	Ermittlung des Anspritzkonzeptes	19
3.4.3	Spritzgießprozess optimierende Artikelanpassung.....	24
4	Werkzeugkonstruktion	25
4.1	Notwendige Unterlagen und Angaben.....	25
4.2	Konzepterstellung.....	27
4.3	Konstruktionsentwurf	29
4.4	Fertigstellung der Werkzeugkonstruktion	33
5	Programmierung und Fertigung	35
6	Bemusterung	37
6.1	Voraussetzungen.....	37
6.2	Einstellparameter an der Spritzgießmaschine	37
6.3	Vergleich der Ergebnisse der Füllanalyse mit dem Artikel.....	39
6.4	Bewertung und Korrekturen am Werkzeug.....	40
7	Zusammenfassung und Ausblick	43
Anlagen.....		XI
Literaturverzeichnis.....		XXI
Erklärung		XXIII

Danksagung	XXV
------------------	-----

Bilderverzeichnis

Bild 1: Hubprägung /3/	3
Bild 2: Abrollprägung /3/	3
Bild 3: Vorschub und Positionierung der Folie /3/.....	4
Bild 4: Spritzvorgang /3/	5
Bild 5: Ablösen der Folie und Entnahme des Teils /3/	5
Bild 6: Prägung der Folie auf ABS-Material /3/.....	6
Bild 7: Verformung des ABS-Films und Ausstanzen des Inserts /3/.....	6
Bild 8: Positionierung des Inserts und Hinterspritzen mit Kunststoffschmelze /3/ ...	7
Bild 9: Dekoriertes Teil /3/	7
Bild 10: Lage des Artikels im Werkzeug.....	12
Bild 11: undekoriertes Spritzgießteil.....	13
Bild 12: Tiefziehfolie	13
Bild 13: gescannte Tiefziehfolie.....	14
Bild 14: Ausformung der Hauptkontur	14
Bild 15: bearbeitetes Teil.....	14
Bild 16: primärer Tiefziehbereich.....	15
Bild 17: Prüffläche	15
Bild 18: Tischbein-Rippen	15
Bild 19: zusätzliche Rippen	16
Bild 20: Dreiplattenwerkzeug /1/.....	17

Bild 21: Heißkanal mit Nadelverschluss.....	18
Bild 22: Kundenvorgabe für Bindenähte	19
Bild 23: Füllzeit Variante 1	20
Bild 24: Füllzeit Variante 2	20
Bild 25: Füllzeit Variante 3	21
Bild 26: Bindenähte Variante 3	21
Bild 27: Füllzeit Variante 4	22
Bild 28: Bindenähte Variante 4	22
Bild 29: Füllzeit Variante 5	23
Bild 30: Bindenähte Variante 5	23
Bild 31: Aufbaugröße des Werkzeuges.....	27
Bild 32: Lage des Formeinsatzes im Werkzeugmittelpunkt.....	28
Bild 33: Lage des Angusses in der Form	28
Bild 34: Tunnelanguss	29
Bild 35: Formtrennung	30
Bild 36: Kühlung.....	30
Bild 37: Positionen der Auswerfer	31
Bild 38: Dimensionierung Angusskanal	32
Bild 39: Dimensionierung Tunnelanguss.....	32
Bild 40: Heißkanal des Werkzeuges	33
Bild 41: Analyse inklusive Angussystem und Temperierung.....	34
Bild 42: Angussbemaßung /2/.....	35

Bild 43: Abgussbemaßung /2/	36
Bild 44: Füllanalyse Zeitpunkt 1	39
Bild 45: Spritzteil Zeitpunkt 1	39
Bild 46: Füllanalyse Zeitpunkt 2	40
Bild 47: Spritzteil Zeitpunkt 2.....	40
Bild 48: Nachbearbeitung der Kontur	41
Bild 49: Artikelzeichnung	XI
Bild 50: Datenblatt Spritzgießmaschine	XII
Bild 51: Datenblatt Spritzgießmaschine	XIII
Bild 52: Zusammenbauzeichnung	XIV
Bild 53: Zusammenbauzeichnung	XV
Bild 54: Formeinsatz Auswerferseite	XVI
Bild 55: Formeinsatz Düsenseite.....	XVII
Bild 56: Formplatte Auswerferseite	XVIII
Bild 57: Formplatte Düsenseite	XIX

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Richtwerte für Entformungsschrägen /2/	11
Tabelle 2: notwendige Unterlagen /2/.....	25
Tabelle 3: Dimensionierung Angusskanal /2/	32
Tabelle 4: Einstellparameter Spritzgießmaschine	34
Tabelle 5: Abweichungen Einstellparameter	38

1 Einleitung

1.1 Zielsetzung

Diese Arbeit behandelt die Konstruktion eines Insert Molding-Spritzgießwerkzeuges mit vorheriger Produktentwicklung des Artikels und anschließender Auswertung des fertigen Werkzeuges und Kunststoffteiles.

Ziel ist es ein serientaugliches Werkzeug für die Produktionskontrolle und für Testzwecke von Folien zu konstruieren. Dabei muss zunächst der Artikel entwickelt werden, welcher in diesem Fall eine Mittelblende darstellt. Außerdem wird eine Moldflow-Analyse durchgeführt und es wird aufgezeigt, wie diese Analyse in dem gesamten Konstruktionsablauf von der Produktentwicklung bis zur Auswertung eingebettet ist. Schließlich wird noch das Werkzeug bemustert und der Artikel mit den theoretischen Moldflow-Ergebnissen verglichen.

1.2 Kapitelübersicht

Bei dieser Konstruktion handelt es sich um ein Insert-Molding-Spritzgießwerkzeug für ein Dekorteil mit Folienüberzug aus ABS-Kunststoff (Acrylnitril-Butadien-Styrol-Copolymer).

Zum Verständnis werden zunächst in Kapitel 2 der Stand der Technik bei Dekorationsverfahren vorgestellt und es wird präziser auf das hier vorliegende Verfahren des Insert Molding eingegangen.

Bei der Produktentwicklung der Mittelblende in Kapitel 3 werden die Kundenvorgaben für Sicht- und Funktionsdesign erläutert, welche die Grundlagen der Konstruktion darstellen. Darauf aufbauend werden Randbedingungen festgelegt, woraus der Datensatz für die Mittelblende erstellt werden kann. Die entstandene Artikelgeometrie wird dann mittels Füllanalyse der Moldflow-Software kontrolliert. Konkret wird hierbei das Anspritzkonzept ermittelt. Die Ergebnisse der Analyse werden dann zur Optimierung des Artikels genutzt. Da die Moldflow-Analyse in dem gesamten Konstruktionsablauf integriert ist, wird diese nicht gesondert behandelt, sondern die Analyse wird an den zugehörigen Unterpunkten der Konstruktion erläutert.

In der Werkzeugkonstruktion in Kapitel 4 werden zunächst sämtliche Unterlagen und Angaben für dieses Projekt zusammengetragen. Anschließend wird ein Konzept erstellt. Nach dessen Freigabe kann mit dem Konstruktionsentwurf begonnen werden. Wenn auch dieser freigegeben ist, muss noch die Konstruktion fertiggestellt werden. Dazu gehört eine komplette Moldflow-Analyse inklusive Temperierung. Als Ergebnis erhält man einen Datensatz und Zeichnungssatz.

Im nächsten Kapitel 5 wird aus Gründen der Vollständigkeit kurz auf die Programmierung und Fertigung des Werkzeuges eingegangen.

Anschließend wird in Kapitel 6 eine Bemusterung durchgeführt. Dafür müssen zunächst die Voraussetzungen geschaffen werden. Die Einstellparameter aus der Moldflow-Analyse werden mit den praktischen Einstellungen an der Spritzgießmaschine verglichen und ausgewertet. Anschließend findet noch ein Vergleich der Ergebnisse aus der Füllanalyse mit dem gespritzten Artikel statt. Auf Grundlage der Bemusterung wird das Werkzeug bewertet und es werden Korrekturen am Werkzeug eingearbeitet.

Schließlich werden in Kapitel 7 die wichtigsten Punkte der Arbeit zusammengefasst und mit der Zielsetzung verglichen. Außerdem wird noch ein Ausblick gegeben, wie Simulationen durchgängiger in den Konstruktionsablauf eingebettet und mit der Analysesoftware präzisere Ergebnisse erreicht werden können.

2 Stand der Technik bei Dekorationsverfahren

2.1 Heißprägen

Beim Heißprägen wird die Prägefolie mithilfe eines heißen Prägewerkzeuges auf die Kunststoffteile übertragen. Dabei erfolgt die Prägung beim Hubverfahren mit einem beheizten Prägestempel und bei der Abrollprägung mittels einer beheizten Prägewalze oder eines Prägerades aus Silikon oder Metall. Durch Hitze und hohen Druck lösen sich die Dekorationsschicht, Schutzschicht und Klebeschicht von der Trägerfolie und gehen mit dem Kunststoffteil eine Klebeverbindung ein. Dieses Dekorationsverfahren schließt sich üblicherweise dem Spritzgießen an. /3/

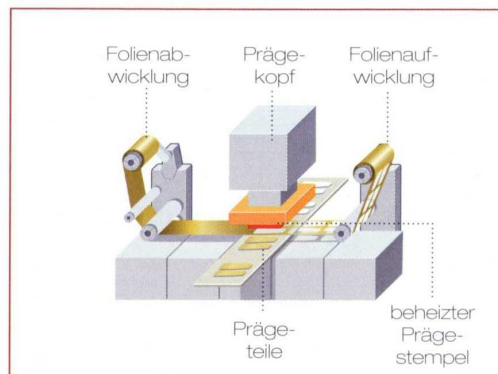


Bild 1: Hubprägung /3/

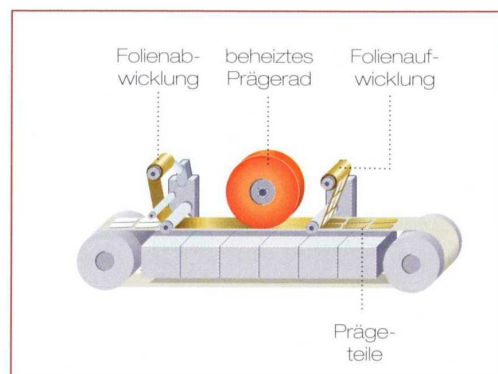


Bild 2: Abrollprägung /3/

2.2 Heat Transfer

Bei dieser Sonderform des Heißprägens mittels Dekorfolien können Bilder mit bis zu neun Farben auf Kunststoffteile in einem Arbeitsgang übertragen werden. Dabei können auch metallisierte Flächen mit eingebunden werden. Zunächst wird jedes Dekor mehrfarbig und passgenau auf eine Trägerfolie gedruckt. Die Folie wird von der Folienrolle zugeführt und in der Prägemaschine über dem Produkt positioniert. Auch hier wird in Hubprägung mit einem Silikonstempel und in Abrollprägung mit einer Silikonwalze oder Silikon-Prägeplatten unterschieden. Ausschlaggebend für die Entscheidung, welches Verfahren gewählt wird, ist die Motivgröße und das zu prägende Produkt. Danach erfolgt die Prägung des mehrfarbigen Dekors in einem Arbeitsgang auf das Produkt. Durch den mit übertragenen Schutzlack weisen die dekorierten Teile eine vollständige Oberflächenveredelung und eine hohe Abriebfestigkeit auf. /3/

2.3 Inmold Dekoration

Die Inmold Dekoration-Technologie (IMD) verbindet Spritzgießen und Heißprägen zu einem Arbeitsgang. Durch die Komplettdekoration des Kunststoffteiles während des Spritzgießens werden durch den Wegfall der Dekoration nach dem Spritzgießen, dem Zwischenlager und zusätzlicher Arbeitsschritte die Produktionskosten gesenkt. Beim IMD-Verfahren erfolgen Spritzgießen und Dekoration gleichzeitig. Die Heißprägefolie wird mit mithilfe eines Vorschubgerätes in das Werkzeug geführt und darin positioniert. Das Verfahren wird bei Bauteilen mit geringen Höhengsprüngen beziehungsweise Einpresstiefen eingesetzt.

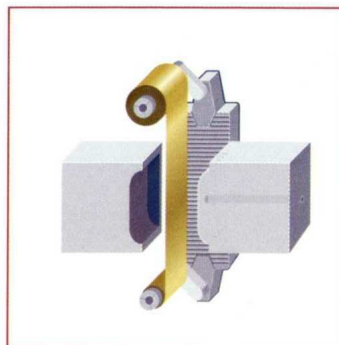


Bild 3: Vorschub und Positionierung der Folie /3/

Nach dem Schließen des Werkzeuges wird die Kunststoffschmelze in die Form gespritzt und die Folie wird dadurch in die Kavität gepresst. Durch die Hitze und den Druck des Materials wird die Dekorationsschicht vom Polyesterträger gelöst und geht in die Randschicht der Schmelze über. Es entsteht eine unlösliche Verbindung.

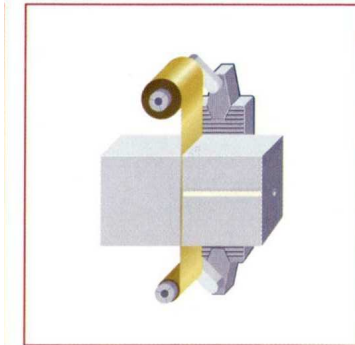


Bild 4: Spritzvorgang /3/

Beim Öffnen der Form wird der Träger vom Spritzteil abgezogen und das dekorierte Teil wird ausgeworfen. Die Folie wird erneut über das Vorschubgerät in dem Werkzeug positioniert. /3/

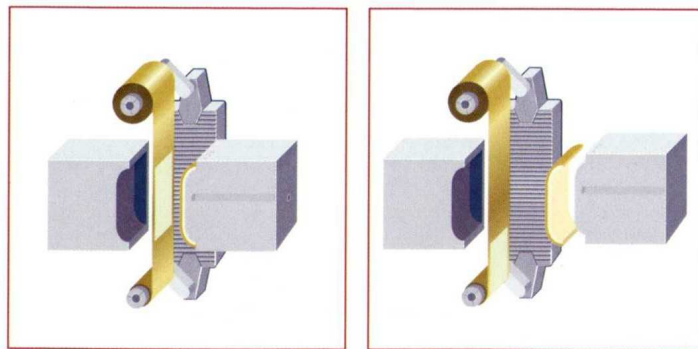


Bild 5: Ablösen der Folie und Entnahme des Teils /3/

2.4 Insert Molding

Das bei dieser Konstruktion verwendete Verfahren ermöglicht durch den hohen Verformungsgrad der Folie die Dekoration stark geformter Werkzeugoberflächen. Das Insert Molding verbindet Heißprägen, Vakuumformen und Spritzgießen. Zunächst wird eine vakuumverformbare Heißprägefolie auf einen Träger aus ABS-Material (Acrylnitril-Butadien-Styrol-Copolymer) geprägt.

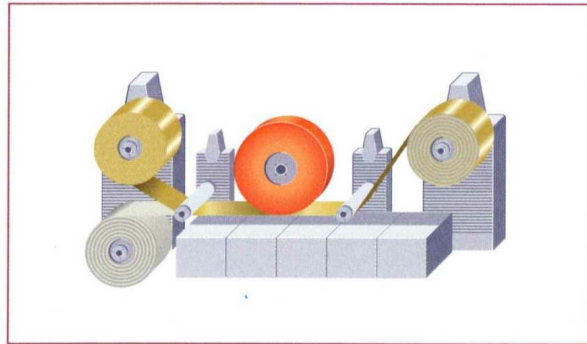


Bild 6: Prägung der Folie auf ABS-Material /3/

Danach erfolgt eine Vakuumverformung des ABS-Films mittels Temperatur und Druck. Der so entstandene Insert wird ausgestanzt, ausgefräst oder mittels Laser beschnitten.

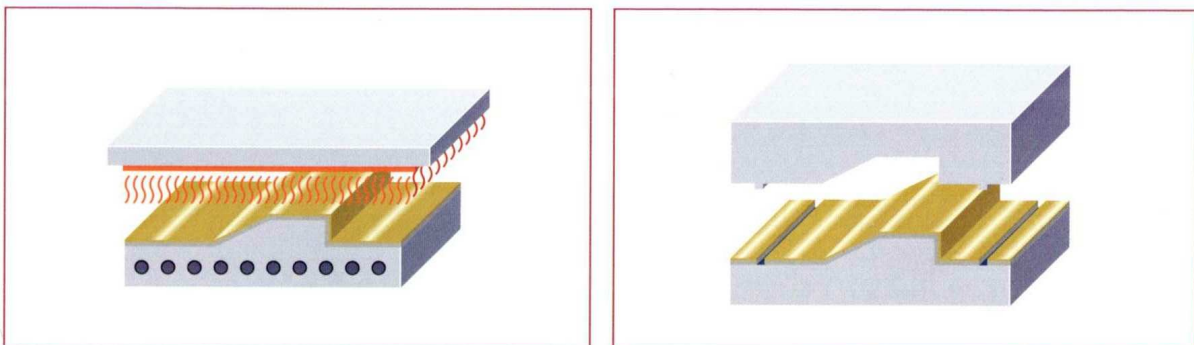


Bild 7: Verformung des ABS-Films und Ausstanzen des Inserts /3/

Dieser Insert wird dann in der Spritzgießform positioniert und mit Kunststoffschmelze hinterspritzt. In einer möglichen Serienproduktion geschieht das Positionieren des Inserts mit einem Roboter, der mittels einer Negativform den Insert mit Saugnäpfen aufnimmt und in das Werkzeug einbringt.

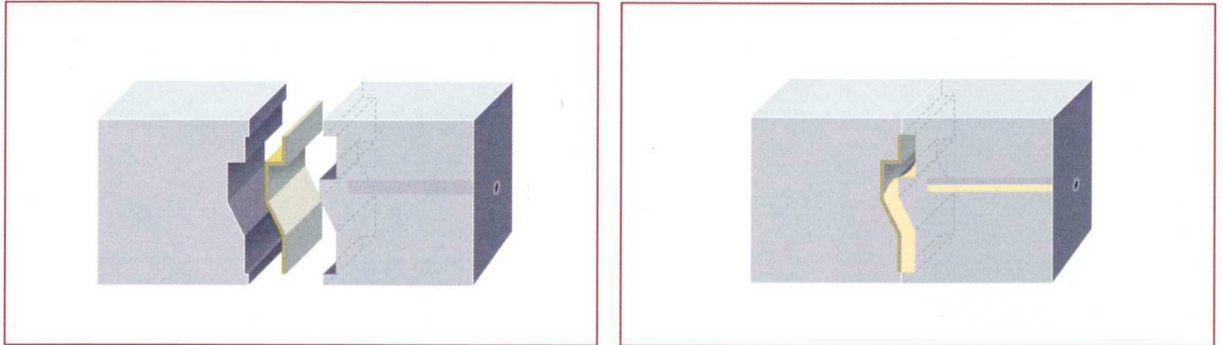


Bild 8: Positionierung des Inserts und Hinterspritzen mit Kunststoffschmelze /3/

Das fertig dekorierte Teil wird danach oftmals in einem Zug mit demselben Roboter und einem zweiten Greifer entnommen, der nach dem Spritzvorgang kurz zuvor einen neuen Insert im Werkzeug positioniert hat. /3/

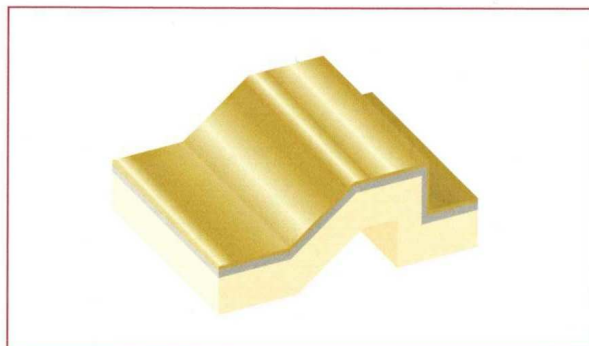


Bild 9: Dekoriertes Teil /3/

3 Produktentwicklung der Mittelblende

3.1 Kundenvorgaben

3.1.1 Vorgabe Sichtdesign

Als grundlegende Vorlage dient die Geometrie einer gescannten Tiefziehfolie, die vom Kunden zugesandt wurde. Allerdings sollte diese Vorgabe eher als grobe Orientierung dienen. Die Entwicklung des Artikels sollte sich am optischen Gesamteindruck und an der oberen großen unsymmetrischen Öffnung orientieren. In den Bereichen, bei denen es möglich war, konnte auf Regelgeometrien zurückgegriffen werden, wenn der Gesamteindruck dadurch nicht gravierend verändert wird. Weiterhin wurde die Foliendicke des Inserts vom Kunden vorgegeben, mit dem die Mittelblende dekoriert wird. Das Ziel ist eine homogene Dekoroberfläche, um eine Dekorbewertung am Spritzgießteil durchführen zu können. Die gescannten Daten der vorgegebenen Tiefziehfolie sind eindeutig zu grob, weswegen der gesamte Artikel neu modelliert werden muss, um etwaige Oberflächendefekte nicht schon im Spritzgießwerkzeug abzubilden.

3.1.2 Vorgabe Funktionsdesign

Die allgemeine Wandstärke beträgt drei Millimeter. Der Artikel darf keine Hinterschnidungen aufweisen, da die komplette Geometrie in einer Richtung entformbar und folienseitig stanzzbar sein soll. Deswegen benötigen auch die Dekorflächen eine Entformschräge, sofern die Dekortiefe größer als der Dekorradius ist. Die Lage der Dekorkante gibt die Lage der Werkzeugtrennung vor. Die Dekorkante sollte umlaufend modelliert werden und einen Überstand aufweisen, um einen eventuellen Werkzeugversatz auszugleichen. Der kleinste positive Dekorradius beträgt $R = 1 \text{ mm}$ und der kleinste negative Dekorradius $R = 0,5 \text{ mm}$. Weiterhin ist noch das Einbringen einer Prüffläche vorgesehen, die zum Flüssigkeitstest von Folien dient. Dafür werden rückseitig Tischbein-Rippen angebracht, um das Bauteil nach Abbrechen des Bereiches der oberen unsymmetrischen Öffnung flach auflegen zu können. Außerdem werden noch die Anzahl und Lage zusätzlicher Rippen und Stege festgelegt, um eine Bewertung von Einfallstellen zu ermöglichen.

3.1.3 Einleger für Foliendekoration

Der für dieses Werkzeug benötigte Einleger, auch Insert genannt, für die Foliendekoration der Mittelblende wird ebenfalls vom Kunden vorgegeben. In diesem Fall werden die Inserts vom Kunden gefertigt. Wie schon bei dem Dekorationsverfahren des Insert Molding beschrieben, wird zunächst eine Dekorfolie auf einen Träger geprägt. Danach wird dieser Träger in einem Tiefziehwerkzeug mittels Druck und Temperatur in die entsprechende Form gebracht und anschließend ausgestanzt. Bei der Auslegung des Designs der Mittelblende muss der Kunde auf die Dekorierbarkeit des Artikels und damit auch auf die Herstellbarkeit der Folie achten. Daher muss der Folienhersteller die Geometrie des Artikels prüfen. Insbesondere ist zu klären, wie tief die Folie dekorieren soll und welche Radien die Folie dabei aufweisen wird. Dabei ist das Verhältnis von Dekortiefe zu Dekorradius entscheidend für die Herstellbarkeit der Folie und damit auch für die Dekorierbarkeit des Artikels.

3.2 Randbedingungen für die Erstellung des 3D-Datensatzes „Mittelblende“

3.2.1 Wandstärken-Rippenverhältnis

Wie schon in den Kundenvorgaben beschrieben, werden am Artikel rückseitig Tischbeinrippen und zusätzliche Rippen angebracht, um die Bewertung von Einfallstellen zu ermöglichen. Durch die vermehrte Masseansammlung in dem Schnittbereich von Bauteil und Rippe kommt es in der Mitte des Fußpunktes der Rippe zu einer verzögerten Erstarrung der Kunststoffschmelze. Das dadurch entstehende Volumendefizit kann zu einer Einfallstelle gegenüber der Rippe auf der Sichtseite führen. Um eine fehlerfreie Dekoroberfläche zu bekommen, sind solche Einfallstellen zu vermeiden. Deshalb sollte sich bei einer Artikelentwicklung an einen Richtwert des Wandstärken-Rippenverhältnisses gehalten werden. Dieses Verhältnis beträgt bei Folienwerkzeugen 2:1. Bei einer allgemeinen Wandstärke von drei Millimetern würde sich für die Rippen eine Breite von maximal 1,5 mm ergeben. Da dieser Fakt bei der Modellierung der Rippen beachtet und überprüft wurde, ist eine Entstehung von Einfallstellen auf der Dekoroberfläche nicht zu erwarten. /1/

3.2.2 Entformungskoniken in Abhängigkeit von Oberflächenstruktur und Kunststoff

Da nach den Kundenvorgaben die komplette Geometrie in einer Richtung entformbar sein soll, ist es wichtig sowohl auf der Dekorseite als auch auf der Auswerferseite Entformungskoniken anzubringen. Obwohl die Geometrie augenscheinlich keine Hinterschneidungen aufweist, so kann die Oberfläche der Kavität bedingt durch die Fertigungsverfahren gewisse Strukturen aufweisen, die das Entformen des Artikels erschweren. Diese Strukturen sind Rauheiten, die wie Hinterschneidungen wirken. Um dennoch eine einwandfreie Entformung zu gewährleisten, wird die Oberfläche der Kavität nach den Erfordernissen der Teilegeometrie und den Strukturen poliert. Auf der Auswerferseite mit gleichmäßiger Struktur in Entformungsrichtung und auf der Sichtseite eine Hochglanzpolitur ohne sichtbare lineare Kratzer oder Politurstriche. Da die Auswerferseite schwieriger zu entformende Konturen aufweist, ist es dort insbesondere an den Tischbeinrippen und an den zusätzlichen Rippen wichtig ausreichende Entformungskoniken anzubringen.

Tabelle 1: Richtwerte für Entformungsschrägen /2/

Vergleichswerte			Rauigkeitsstufen			Entformungsschräge		
Rauheitsgrößen Fa. Roth			Rauigkeitsstufen VDI 3400			Cellidor Durethan Pocan [grd]	Makrolon Bayblend [grd]	Novodur [grd]
Nr.	Ra [µm]	Rz	Nr.	Ra [µm]	Rz			
1	1,51	8,35	24	1,60	6,50	0,5	1,5	1,0
2	1,85	10,89	24	1,60	6,50	0,5	1,5	1,0
			27	2,24	10,50	1,0	2,0	1,5
3	2,36	16,99	30	3,15	12,50	1,5	2,0	2,0
4	2,89	17,12	30	3,15	12,50	1,5	2,0	2,0
			33	4,50	17,50	2,0	3,0	2,5
5	3,82	23,07	33	4,50	17,50	2,0	3,0	2,5
6	4,28	24,48	33	4,50	17,50	2,0	3,0	2,5
			36	6,30	24,00	2,5	4,0	3,0
7	7,16	37,24	36	6,30	24,00	2,5	4,0	3,0
			39	9,00	34,00	3,0	5,0	4,0
8	8,66	45,12	39	9,00	34,00	3,0	5,0	4,0
			42	12,50	48,00	4,0	6,0	5,0
9	13,6	87,90	42	12,50	48,00	4,0	6,0	5,0
			45	18,00	69,00	5,0	7,0	6,0
10	17,8	101,00	45	18,00	69,00	5,0	7,0	6,0
11	24,2	122,00	45	18,00	69,00	5,0	7,0	6,0
12	35,6	179,00	45	18,00	69,00	5,0	7,0	6,0

Hinweise dafür geben die Richtwerte in Tabelle 1. Nach VDI-Richtlinie 3400 sind hier Entformungsschrägen abhängig von den Rauheiten der Oberflächen in der Kavität und dem Material des Artikels angegeben. Die Vergleichswerte der Firma Roth geben an, wie sich diese Rauheiten an der Oberfläche des Kunststoffteiles abbilden. Da diese Richtwerte konstruktiv berücksichtigt wurden, sollte eine problemlose Entformung möglich sein. /1/

3.2.3 Spritzgießwerkzeug optimiertes Design

Das Design des Artikels wurde hinsichtlich der Dimensionierung der rückseitigen Rippen, der Auslegung der Entformungskoniken und der Modellierung der Dekorkante dahingehend optimiert, dass gewährleistet werden kann, dass die komplette Geometrie in einer Richtung entformbar ist. Dies hat zur Folge, dass die Anzahl der zu entformenden Elemente auf dem Artikel reduziert wurde und dass die Entformungselemente auf Auswerfer beschränkt werden.

Um zusätzliche Entformungselemente zu vermeiden, muss gewährleistet werden, dass der Artikel keine Hinterschneidungen aufweist. Damit dies erreicht werden kann, muss die Lage des Artikels im Werkzeug derart gewählt werden, dass nur eine Entformrichtung entsteht. Davon ausgehend kann die Dekorkante modelliert werden und im weiteren Verlauf die Trennebene konstruiert werden. Die Trennebene definiert im weiteren Konstruktionsablauf die Geometrie der Formeinsätze.

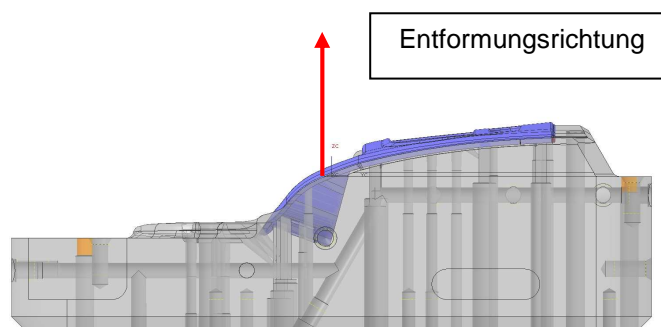


Bild 10: Lage des Artikels im Werkzeug

3.2.4 Festlegung des zu dekorierenden Bereiches

Der Dekorbereich wird begrenzt durch die Dekorkante. Voraussetzung für die Lage der Dekorkante ist eine kundenseitige Abgrenzung des Sichtbereiches. Wie schon in den Vorgaben für das Funktionsdesign benannt, sollte die Dekorkante umlaufend modelliert werden, um zu gewährleisten, dass die Trennebene möglichst einen harmonischen Verlauf aufweist, welcher sich als Folge einer

einfacheren Beschnittkontur der Tiefziehfolie ergibt. Da die Dekorkante und die Schnittkante des Inserts denselben Verlauf aufweisen, kann am Folienrand kein Kunststoff überstehen und somit ist eine ausreichende Abdeckung des Sichtbereiches gewährleistet.

3.3 Erstellung des 3D-Datensatzes „Mittelblende“

Zu Beginn der Erstellung steht ein undekoriertes Spritzgießteil und eine Tiefziehfolie, welche vom Kunden zugesandt wurden. Sie sollen in der weiteren Bearbeitung als Vorlage und grobe Orientierung dienen. Dabei soll im Wesentlichen der Gesamteindruck und die große unsymmetrische Öffnung beachtet werden. Die Tiefziehfolie wird gescannt und bildet dann die Grundlage für die Neumodellierung des Artikels „Mittelblende“.



Bild 11: undekoriertes Spritzgießteil



Bild 12: Tiefziehfolie

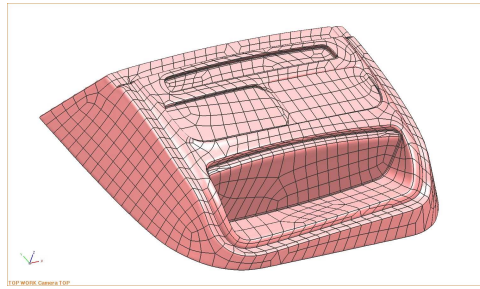


Bild 13: gescannte Tiefziehfolie

Im nächsten Schritt wird aus der gescannten Oberfläche der Tiefziehfolie die grobe Form des Artikels nachempfunden. Durch Ausformung der Kontur wird dabei eine vorläufige Wandstärke festgelegt.

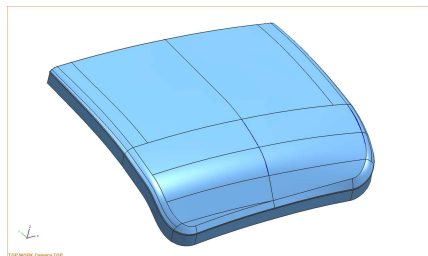


Bild 14: Ausformung der Hauptkontur

Im weiteren Verlauf werden Oberflächenkonturen, die große unsymmetrische Öffnung und weitere Öffnungen eingebracht. Dabei erfolgt eine Angleichung in diesem primären Tiefziehbereich, wobei die angestrebte Abweichung maximal einen Millimeter betragen sollte.

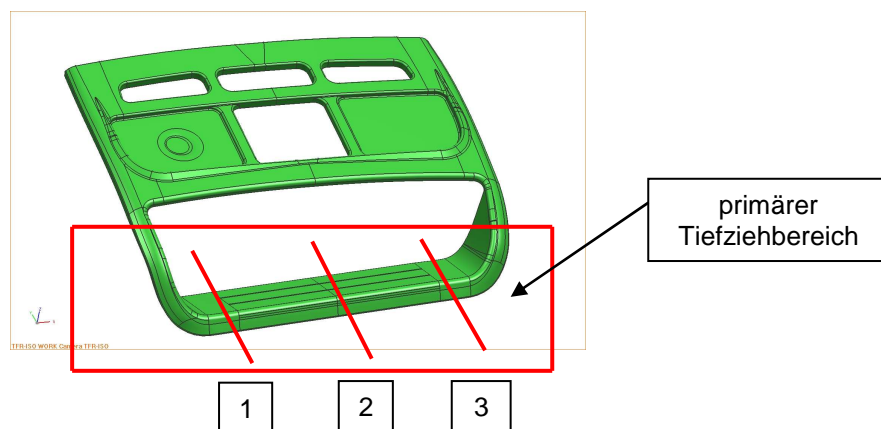


Bild 15: bearbeitetes Teil

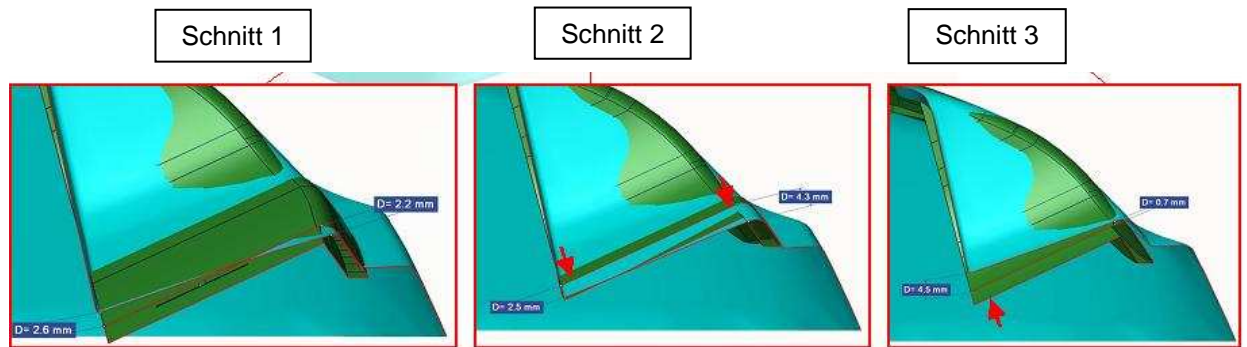


Bild 16: primärer Tiefziehbereich

Weiterhin ist eine einseitige runde Prüffläche vorgesehen, die mittels verschiedener Flüssigkeiten zum Testen der Widerstandsfähigkeit der Foliendekoration dient. Diese Fläche sollte einen Durchmesser von etwa 20 mm und einen möglichst weichen Übergang zu der umliegenden Oberfläche aufweisen.

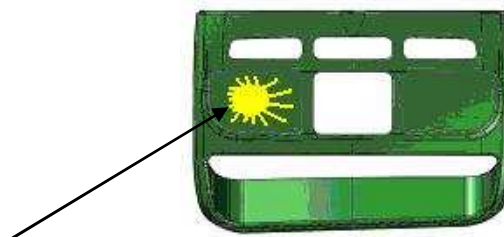


Bild 17: Prüffläche

Außerdem werden rückseitig noch vier Tischbein-Rippen angebracht. Deren Höhe sollte so gewählt werden, dass nach Abbrechen der großen unsymmetrischen Öffnung der Artikel flach aufliegen kann, um die Funktion der Prüffläche zu gewährleisten.

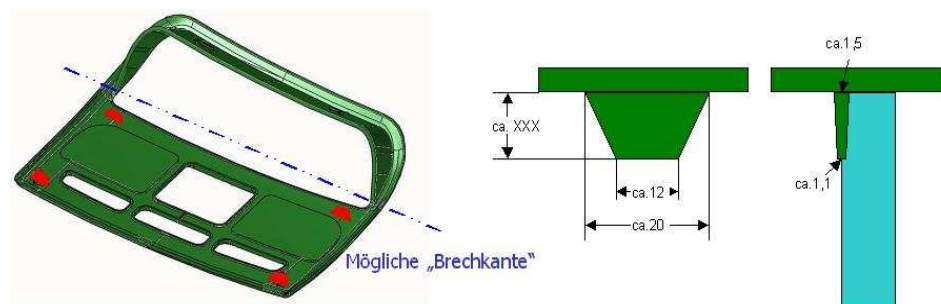


Bild 18: Tischbein-Rippen

Es werden noch zusätzliche Rippen mit einer Breite von etwa 1,5 mm zur Bewertung von Einfallstellen eingebracht.

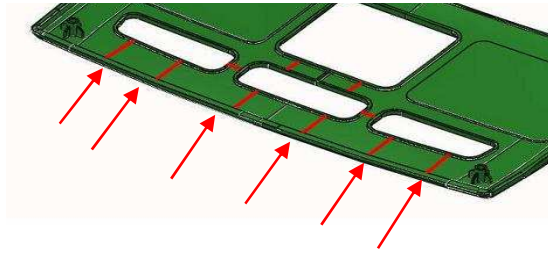


Bild 19: zusätzliche Rippen

3.4 Kontrolle der Artikelgeometrie mittels Füllanalyse

3.4.1 Anspritzarten

In Abhängigkeit von der Art und Weise der werkzeuginternen Schmelzuführung von der Maschinendüse zum Formhohlraum unterscheidet man zwischen zwei, auch miteinander kombinierbaren, Systemen, dem Kaltkanal- und dem Heißkanalanguss. Wenn bei der Verarbeitung von Thermoplasten das Angusssystem nicht beheizt ist, so spricht man vom Kaltkanalanguss. Dieser Begriff erscheint ein wenig irreführend, denn es handelt sich um die normalen Verteilerkanäle, die direkt in die Werkzeugeinsätze eingearbeitet sind, welche die gleiche Temperatur wie das übrige Werkzeug aufweisen. Kaltkanäle werden sie nur genannt, da sie im Vergleich zu Heißkanälen nicht beheizt sind. Da die Einsätze die gleiche Temperatur haben wie das Werkzeug, ergibt sich der Nachteil, dass die Kunststoffmasse in den Kanälen erstarrt. Dadurch muss die erstarrte Masse nach jedem Einspritzvorgang mit dem Formteil entformt werden. Dieses Angussmaterial kann als Regranulat zum Teil wieder verwendet werden, was aber auch zusätzliche Arbeitsschritte nach sich zieht.

Man unterscheidet beim Kaltkanalanguss zwischen verschiedenen Ausführungen. Eine erste Ausführung ist der Stangenanguss. Es handelt sich dabei um einen runden kegelförmigen Querschnitt, der von der Maschinendüse bis zum Spritzling verläuft. Der Durchmesser richtet sich dabei nach der Dicke des Formteiles. Der Anguss sollte immer ein wenig größer ausgeführt werden, damit dort die Masse als letztes erstarrt, er darf aber nicht zu groß sein, da ansonsten die Kühlzeit unnötig verlängert wird. Ein weiterer zu beachtender Punkt ist die Entformbarkeit des Angusses. Er sollte mit ausreichend Entformungsschräge ausgeführt werden und die Oberfläche der Angussbohrung muss in Entformungsrichtung poliert werden. Ein Nachteil ist, dass der Anguss immer händisch oder maschinell vom

Spritzling getrennt werden muss. Die Angussbohrung kann durch zwei Möglichkeiten in das Werkzeug eingearbeitet werden. Entweder wird eine Angussbuchse verwendet, was allerdings zu einem Abdruck am Spritzling führt oder der Anguss wird direkt in die Werkzeughälfte hineingebohrt.

Soll der Spritzling im Gegensatz zum Stangenanguss an mehreren Stellen direkt auf dem Teil angespritzt werden, so gibt es die zweite Möglichkeit des Dreiplattenwerkzeuges. Dieses Werkzeug besteht neben der Auswerferseite und Düsenseite zusätzliche noch aus einer Zwischenplatte, wodurch Formteil und Anguss in verschiedenen Ebenen liegen. Dieses System wird auch Abreiß-Punktanguss genannt. Angewendet wird es bei Mehrfachwerkzeugen, bei denen die Formteile zentral und nacharbeitsfrei gespritzt werden sollen, aber auch bei Einfachwerkzeugen für dünnwandige großflächige Formteile. Beim Entformungsvorgang wird zunächst die erste Ebene geöffnet. Dabei wird der Anguss vom Formteil getrennt. Beim Öffnen der zweiten Ebene fällt der Anguss nach unten aus dem Werkzeug. Danach öffnet sich die Haupttrennung und der Spritzling wird durch Auswerfer vom Kern entformt. Die Reihenfolge der Öffnungsbewegungen wird mechanisch zwangsgesteuert, zum Beispiel über Klinkenzüge. Nachteilig ist zu bemerken, dass bei diesem System das Werkzeug größer wird und durch die zusätzliche Platte mehr Stahl benötigt wird. Außerdem benötigt man pro Spritzvorgang durch das erstarrte Angussmaterial mehr Kunststoffmasse.

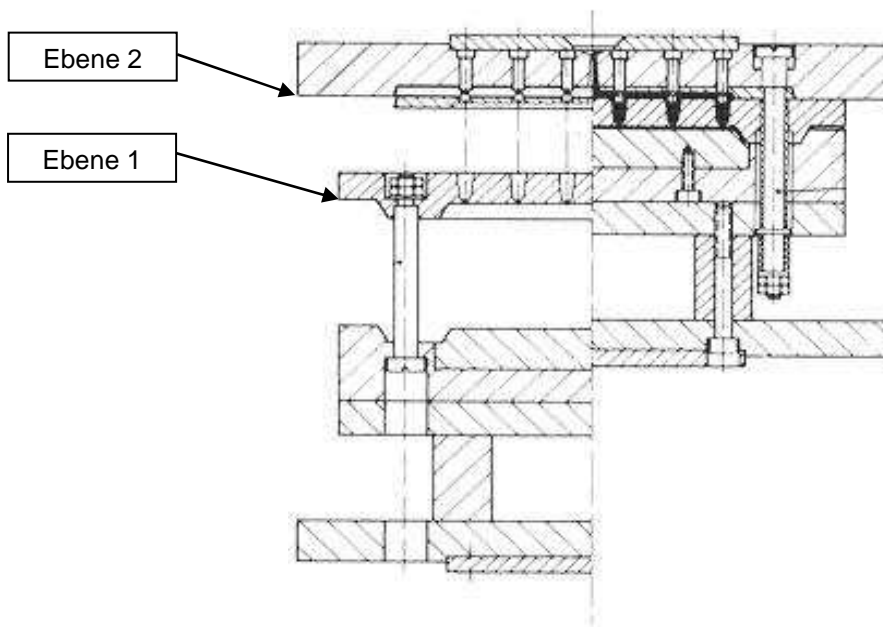


Bild 20: Dreiplattenwerkzeug /1/

Eine dritte Ausführung ist ein Kaltkanalverteiler mit Tunnelanguss. Beim Tunnelanschnitt liegen Anguss und Formteil in einer Trennebene, somit kann beim

Öffnen des Werkzeuges während des Entformungsvorganges das Angussystem vom Formteil getrennt werden.

Heißkanäle sind separate beheizte Angusssysteme, in deren Verteilerkanälen die Kunststoffmasse von der Maschinendüse bis zum Spritzling geführt wird. Im Gegensatz zum Kaltkanal bleibt der Kunststoff während des gesamten Spritzgießprozesses schmelzflüssig, weswegen das Material nicht entformt werden muss und für den nächsten Vorgang bereit steht. Die Temperatur des Angussystems liegt im Schmelzebereich der Thermoplaste und damit höher als die Werkzeugtemperatur. Die Vorteile von einem Heißkanalsystem sind die Einsparung von Angussmaterial und der Wegfall der Nacharbeit. Außerdem verringert sich die Zykluszeit, da die Entnahme des Angussmaterials entfällt und die Kühlzeit sich ebenfalls verringert. Es gibt einen geringeren Öffnungshub als bei Dreiplattenwerkzeugen und bei der Konstruktion des Heißkanalsystems kann auf Normteile zurückgegriffen werden. Weiterhin ist durch den Wegfall der Entformung des Angussmaterials eine einfachere Automatisierung der Entnahme des Formteils möglich. Durch die Beheizung des Angussystems sind längere Fließwege möglich, wodurch die Anspritzpunkte an optimale Stellen gelegt werden können. Man unterscheidet zwischen Heißkanalsystemen mit offenen Düsen und Nadelverschlussdüsen. Bei den Nadelverschlussdüsen kann man die Anspritzpunkte mittels Ventilanschnitt nacheinander öffnen und somit teilweise die Bildung von Zusammenfließlinien, sogenannten Bindenähten, verhindern. Außerdem kann man bei Direktanspritzung einen optisch sauberen Anspritzpunkt erzeugen und ein Nachlaufen flüssiger Kunststoffmasse aus dem Heißkanal verhindern.

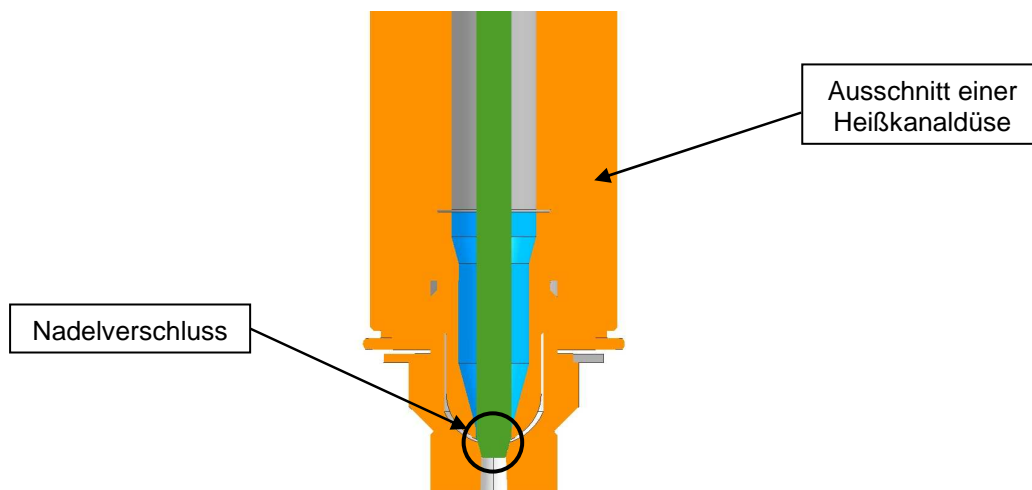


Bild 21: Heißkanal mit Nadelverschluss

Als weitere Variante der Anspritzarten ist noch eine Kombination aus Heißkanalsystem und Kaltkanalanguss möglich. /1/

3.4.2 Ermittlung des Anspritzkonzeptes

Um die optimale Anzahl und Lage der Düsen und Anspritzpunkte herauszufinden, werden von verschiedenen Anspritzvarianten Füllstudien mittels einer Moldflow-Software durchgeführt. Für das Anspritzkonzept gibt es Vorgaben vom Kunden. Es soll ein Heißkanalsystem verwendet werden und die Anspritzung darf nicht im Sichtbereich liegen. Daraus folgt eine Kombination aus Heißkanal auf Kaltkanalverteiler mit Tunnelanbindung und Anspritzhilfszapfen. Außerdem dürfen im Übergang von der großen unsymmetrischen Öffnung und dem oberen Bereich keine Bindenähte entstehen. Durch die Festlegung der Spritzgießmaschine darf die Zuhaltezeit 2500 s nicht übersteigen.

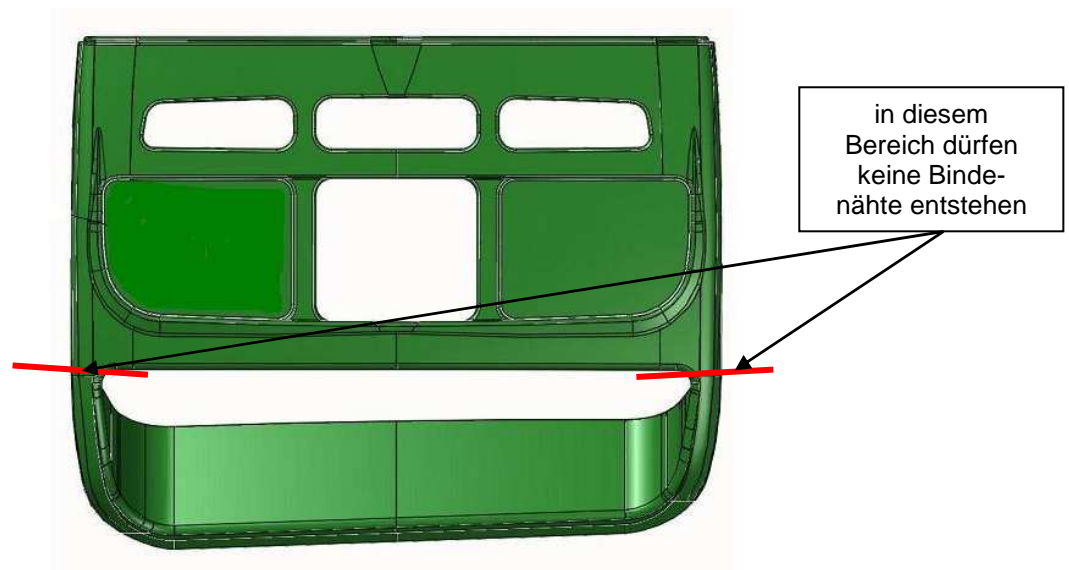


Bild 22: Kundenvorgabe für Bindenähte

Zunächst muss geklärt werden, wieviele Düsen das Heißkanalsystem haben muss. Dazu wird eine Füllanalyse mit einer offenen Düse, die oberhalb des Artikels liegt, und einem Anspritzpunkt durchgeführt.

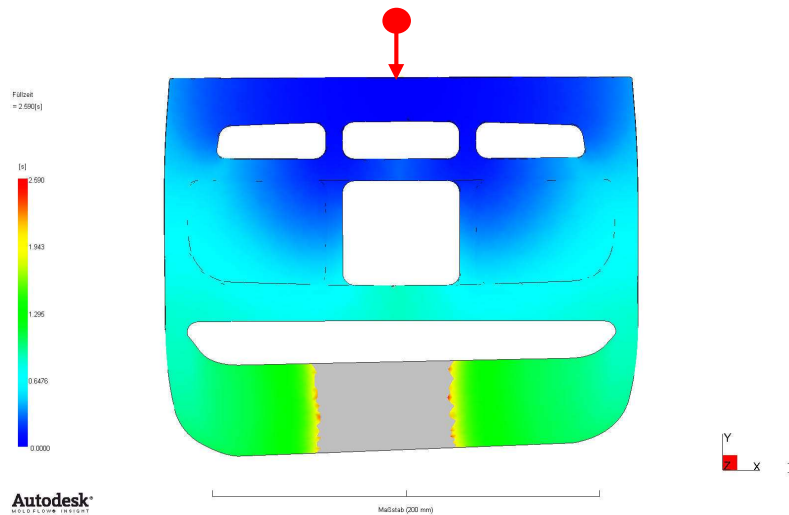


Bild 23: Füllzeit Variante 1

Die Analyse der Füllung zeigt, dass das Volumen des Artikels für eine Düse zu groß ist. Die Zuhaltkraft liegt im Rahmen der Vorgabe. Um den Artikel komplett füllen zu können, werden in der zweiten Analyse zwei offene Düsen, oberhalb und unterhalb des Artikels, mit je einem Anspritzpunkt angebracht.

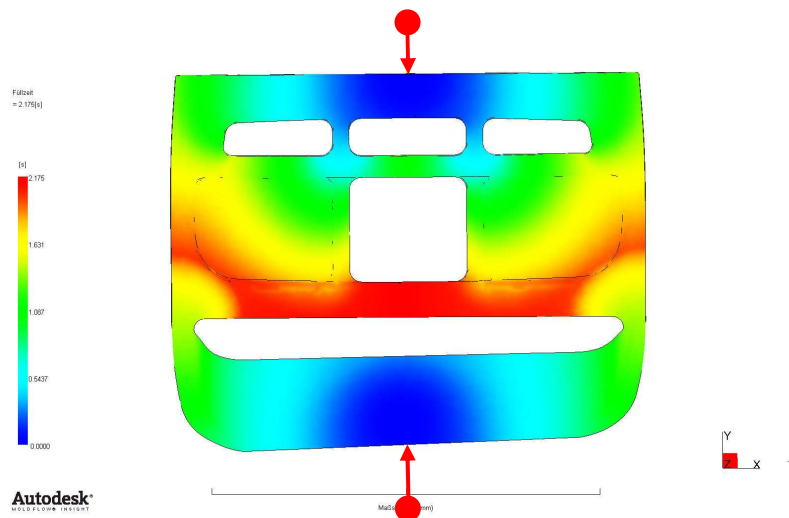


Bild 24: Füllzeit Variante 2

Hier zeigt sich, dass die Füllung des Artikels erreicht wird. Allerdings ist die Schergeschwindigkeit zu hoch, was zu einer Schädigung des Folieninserts führen kann. In der nächsten Variante werden die zwei Düsen beibehalten, aber es werden jeweils drei Anspritzpunkte verwendet.

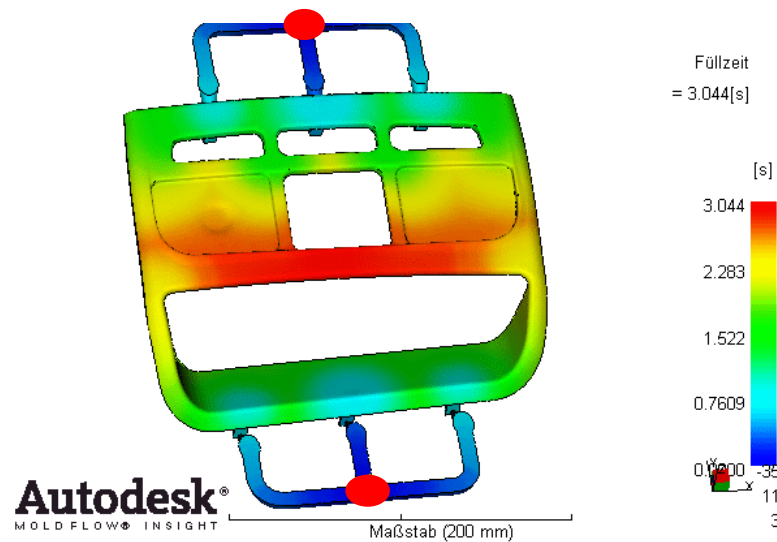


Bild 25: Füllzeit Variante 3

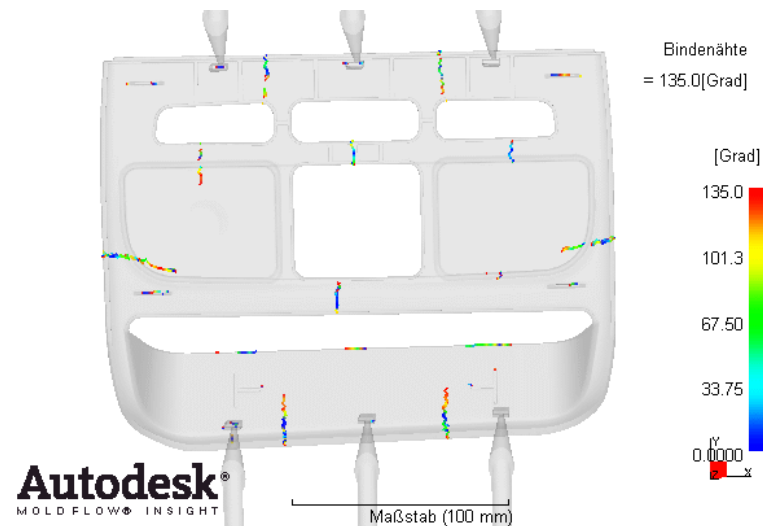


Bild 26: Bindenähte Variante 3

Der Artikel bei Variante 3 wird komplett gefüllt, aber der Kunststoff hat einen relativ weiten Fließweg, da die zwei Düsen an den jeweiligen Enden der Form liegen. Die Schergeschwindigkeit wurde gesenkt, wodurch der Folieninsert unbeschädigt bleibt. Die vierte Variante hat ebenfalls zwei offene Düsen, allerdings wurde die eine Düse in die mittlere Öffnung versetzt. Die untere Düse hat wie bei Variante 3 drei Anspritzpunkte und die mittlere Düse hat vier Anspritzpunkte.

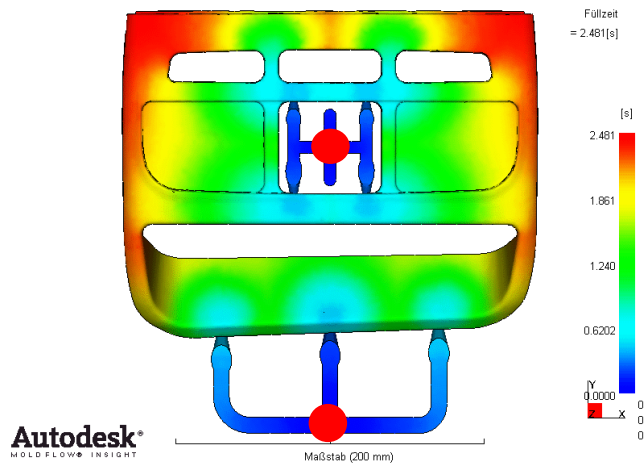


Bild 27: Füllzeit Variante 4

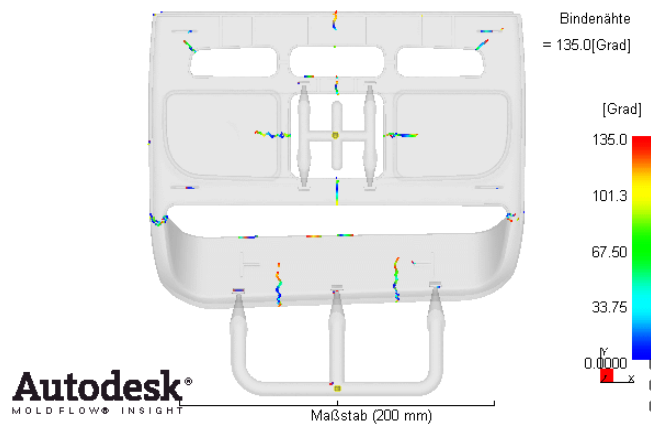
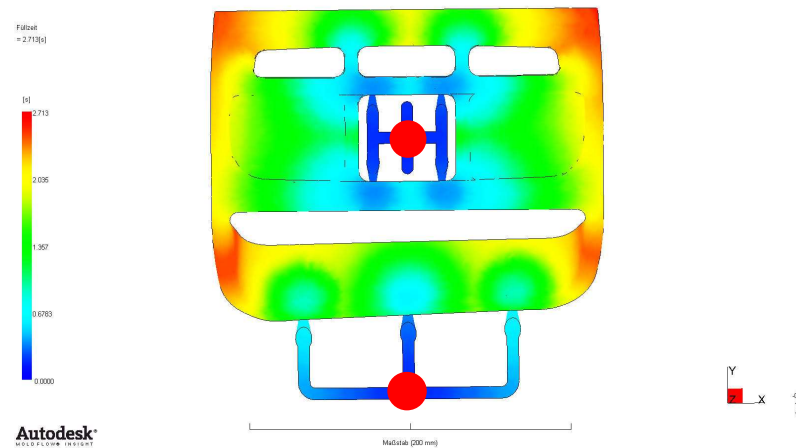
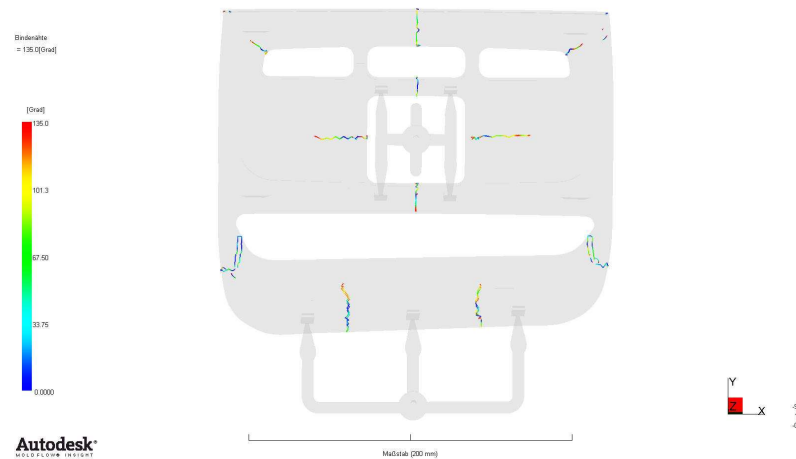


Bild 28: Bindenähte Variante 4

Die vierte Variante bringt eine Optimierung des Fließweges, da der obere Bereich von der Mitte aus angespritzt wird. Weiterhin gibt es bei dieser Variante eine Senkung des Druckes und der Schergeschwindigkeit. Allerdings liegen die Bindenähte sehr ungünstig. Um das zu verbessern, sollen bei einer fünften Variante Heißkanaldüsen mit Nadelverschluss eingesetzt werden. Die Anzahl und Lage der Düsen und Anspritzpunkte bleibt unverändert.

**Bild 29: Füllzeit Variante 5****Bild 30: Bindenähte Variante 5**

Durch den Einsatz von Nadelverschlussdüsen kann die Lage der Bindenähte optimal beeinflusst werden. Die Zuhaltkraft liegt hier bei 1500 kN, was innerhalb der Vorgabe liegt. Ausgehend von den Simulationen der Anspritzvarianten und dem anschließenden Variantenvergleich wird die fünfte Variante als Anspritzkonzept festgelegt. Bei dem Angussssystem dieses Werkzeuges handelt es sich um ein Heißkanalsystem mit Nadelverschlussdüsen auf Kaltkanalverteiler mit Tunnelanschnitt.

3.4.3 Spritzgießprozess optimierende Artikelanpassung

Mit einer solchen Simulation kann man etwaige Oberflächenfehler erkennen, die während des Spritzgießprozesses am Artikel entstehen können. Daher gibt es verschiedene Möglichkeiten, um die Geometrie des Artikels dahingehend zu optimieren, dass der Füllvorgang verbessert wird und Fehler in der Oberfläche vermieden werden. Zunächst kann dies erreicht werden, indem man die Anzahl und die Lage der Düsen und Anspritzpunkte variiert, was hier schon geschehen ist. Ferner ist es möglich die vorgegebenen Durchbrüche zu verändern, um den Fließweg der Kunststoffschmelze zu beeinflussen. Dies ist bei diesem Beispiel nicht möglich, da die Durchbrüche nach den Kundenvorgaben konstruiert wurden. Weiterhin kann die Wandstärke in einzelnen Bereichen verändert werden. Dies hat besondere Bedeutung beim Vermeiden von Einfallstellen gegenüber Rippen. Dieser Fakt wurde schon in den Randbedingungen für die Erstellung dieses Datensatzes realisiert, indem die Rippen abhängig von der Wandstärke nach Richtwerten ausgelegt wurden. Schließlich gibt es noch die Möglichkeit Fließhilfen beziehungsweise Fließhemmungen einzuarbeiten. Diese können ebenfalls den Fließweg der Schmelze derart beeinflussen, dass Fehler vermieden werden können. Dieser Fakt wurde auch bei dem Artikel „Mittelblende“ berücksichtigt. Am Rand der mittleren Öffnungen wurden rückseitig Nuten eingebracht, um damit Masseansammlungen und in Folge dessen auch Einfallstellen zu vermeiden. Dieser Fehler in der Artikelkonstruktion wurde in der Simulation erkannt und daraufhin behoben. /1/

4 Werkzeugkonstruktion

4.1 Notwendige Unterlagen und Angaben

Um mit einer Werkzeugkonstruktion beginnen zu können, ist es notwendig alle notwendigen Unterlagen und Angaben vor Konstruktionsstart zusammen zu stellen. Diese sind in nachfolgender Übersicht aufgestellt.

Tabelle 2: notwendige Unterlagen /2/

Notwendige Unterlagen
Auftragsunterlagen
Pflichtenheft und Technische Spezifikationen
Maschinendatenblatt
Artikeldatensatz und Artikelzeichnung
Formblatt Vorgaben für Spritzgießwerkzeug

Zu den Auftragsunterlagen gehört zunächst die Anfrage, die vom Kunden zugesandt wird. Darin wird die Werkzeugart festgelegt. In diesem Beispiel ist es ein konventionelles Werkzeug, das für die Insert Molding-Technologie vorgesehen ist. Hier ist auch schon vom Kunden festgelegt, dass als Anspritzkonzept ein Heißkanalsystem mit Tunnelanbindung und Anspritzhilfslaschen verwendet werden soll. Das zu verwendete Material für den Artikel ist ABS. Die Oberfläche der Formeinsätze soll auf der Auswerferseite in gleichmäßiger Struktur poliert werden und die Dekorseite, die zur Foliendekoration vorgesehen ist, soll keine sichtbaren lineare Kratzer oder Politurstriche aufweisen. Zur Entformung dienen runde und flache Auswerfer. Für die Temperierung ist eine Wasserkühlung

vorgesehen, die getrennt in die Formplatten und Formeinsätze eingebracht werden soll. Weiterhin soll das Werkzeug in jeder Hälfte gehärtete Druckplatten aufweisen, die beim Schließen des Werkzeuges touchieren sollen. In dieser Anfrage sind auch schon die Stahlqualitäten für die Formplatten, Formeinsätze und Druckplatten festgelegt. Die Entnahme des Spritzgießteiles soll per Hand erfolgen. Basierend auf dieser Anfrage wird als zweiter Teil der Auftragsunterlagen von der Geschäftsführung des Werkzeugbauers ein Angebot erstellt. Dabei werden die Stunden für Konstruktion, Programmierung, Fertigung und Bemusterung kalkuliert und mit dem Stundensatz verrechnet. Zusammen mit den Materialkosten ergibt das den Kalkulationspreis. Dieses Angebot enthält sämtliche Bemusterungen und Werkzeugkorrekturen und eine Moldflow-Analyse. Schließlich wird vom Kunden als dritter Teil der Auftragsunterlagen der Werkzeugauftrag erteilt.

Das Pflichtenheft enthält allgemeine Festlegungen des Kunden zum Bau von Werkzeugen, an denen sich der Werkzeugbauer halten muss. Die technischen Spezifikationen enthalten zusätzliche Informationen zu einem bestimmten Werkzeug. Da in diesem Fall die Anfrage sehr detailliert ausgeführt ist, ist diese als Pflichtenheft und technische Spezifikation zu betrachten.

In der Anfrage ist auch enthalten, für welche Spritzgießmaschine das Werkzeug ausgelegt werden soll. Zu jeder Maschine existiert ein Maschinendatenblatt. Diesem Datenblatt sind alle Dimensionen, die Ausstattung und die maximale Schließkraft der Maschine zu entnehmen, welche der notwendigen Zuhaltkraft des Werkzeuges entspricht. Weiterhin sind die maximalen Ausmaße und das maximale Gewicht festgelegt, welches das Werkzeug aufweisen darf. In diesem Datenblatt sind auch die Spritzaggregate mit den zugehörigen technischen Daten und die vorhandene Robotertechnik für die Entnahme von Spritzteilen aufgeführt.

Zu den notwendigen Unterlagen und Angaben, die vor Konstruktionsstart vorliegen müssen, gehören auch die freigegebenen Volumendaten des Artikels, dessen Erstellung und Anpassung vor Beginn der Werkzeugkonstruktion abgeschlossen sein muss. Darauf wurde schon in Kapitel 3 eingegangen. Hierzu ist auch eine freigegebene Artikelzeichnung notwendig.

Um sicher zu stellen, dass alle Eckdaten für die Erstellung des Konzeptes und des Konstruktionsentwurfes vorhanden sind, wird vor der Konzepterstellung zusammen mit dem Kunden ein firmeninternes Formblatt für Vorgaben für ein Spritzgießwerkzeug ausgefüllt. Bei dieser Konstruktion wird darin die Bezeichnung des Artikels, dessen Material und die zugehörige Schwindung vermerkt. Außerdem liefert das Formblatt noch Informationen über das Anspritzkonzept, die Oberflächenstruktur, die Art der Spritzgießmaschine, die Auswahl der Stahlsorten und über Führungen und Zentrierungen des Werkzeuges. /2/

4.2 Konzepterstellung

Nach der Werkzeugstartbesprechung mit dem Kunden wird das Konzept vom Konstrukteur erstellt, wobei sich der Werkzeugaufbau nach dem Pflichtenheft des Kunden richtet. Zu Beginn des Konzeptes wird zunächst die Aufbaugröße festgelegt. Dazu gehören die Auswerferrahmenplatte, die Aufspannplatten und die Formplatten. Diese haben ein Standardmaß von 596mmx546mm. In Abhängigkeit von der Größe des Auswerferpaketes, der Formeinsätze und des Heißkanalsystems werden daraufhin die Dicken der Platten gewählt. Basierend auf dem Artikel betragen die Abmessungen der Formeinsätze 415mmx325mm. Die Lage dieser Formeinsätze ist im Werkzeugmittelpunkt.

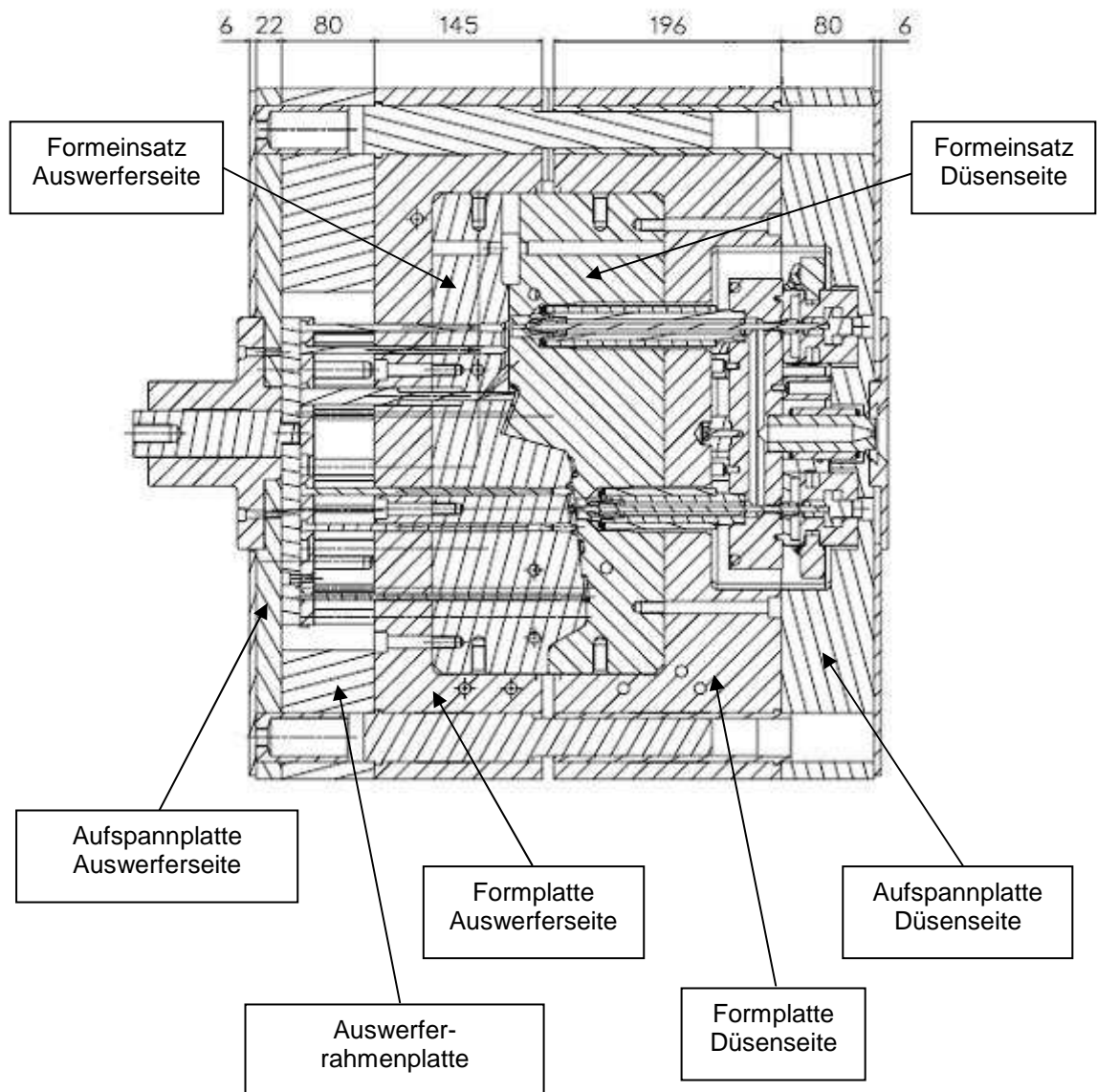


Bild 31: Aufbaugröße des Werkzeuges

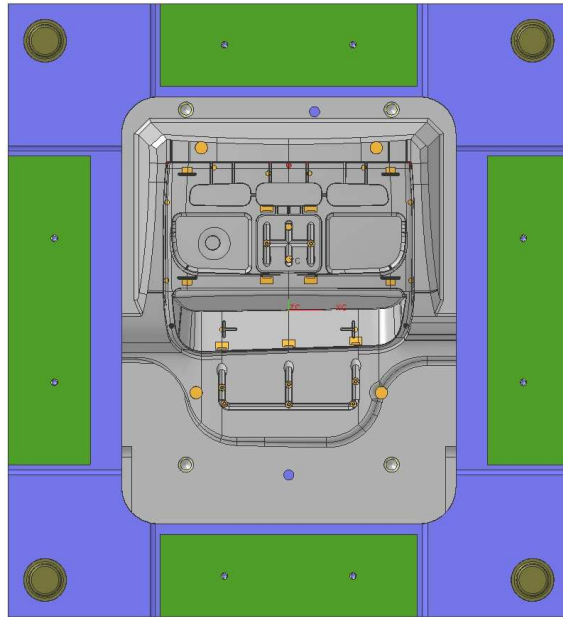


Bild 32: Lage des Formeinsatzes im Werkzeugmittelpunkt

Inhalt des Konzeptes ist weiterhin die Lage und Art des Angusses. Dies wurde schon im Zuge der Produktentwicklung bei der Ermittlung des Anspritzkonzeptes erarbeitet. Der Anguss liegt zum Einen unterhalb der Form und zum Anderen im oberen Bereich in der mittigen Öffnung. Es handelt sich um einen Tunnelanguss mit Anspritzhilfslaschen, die in Auswerfern eingearbeitet sind.

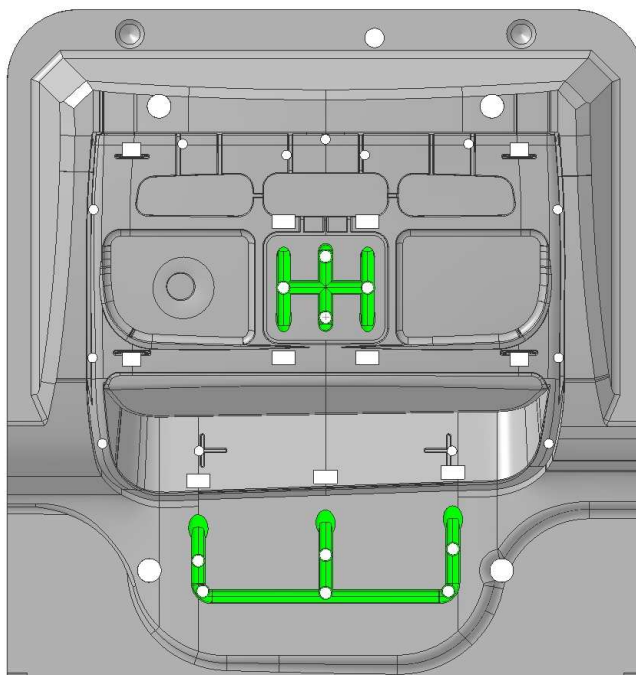


Bild 33: Lage des Angusses in der Form

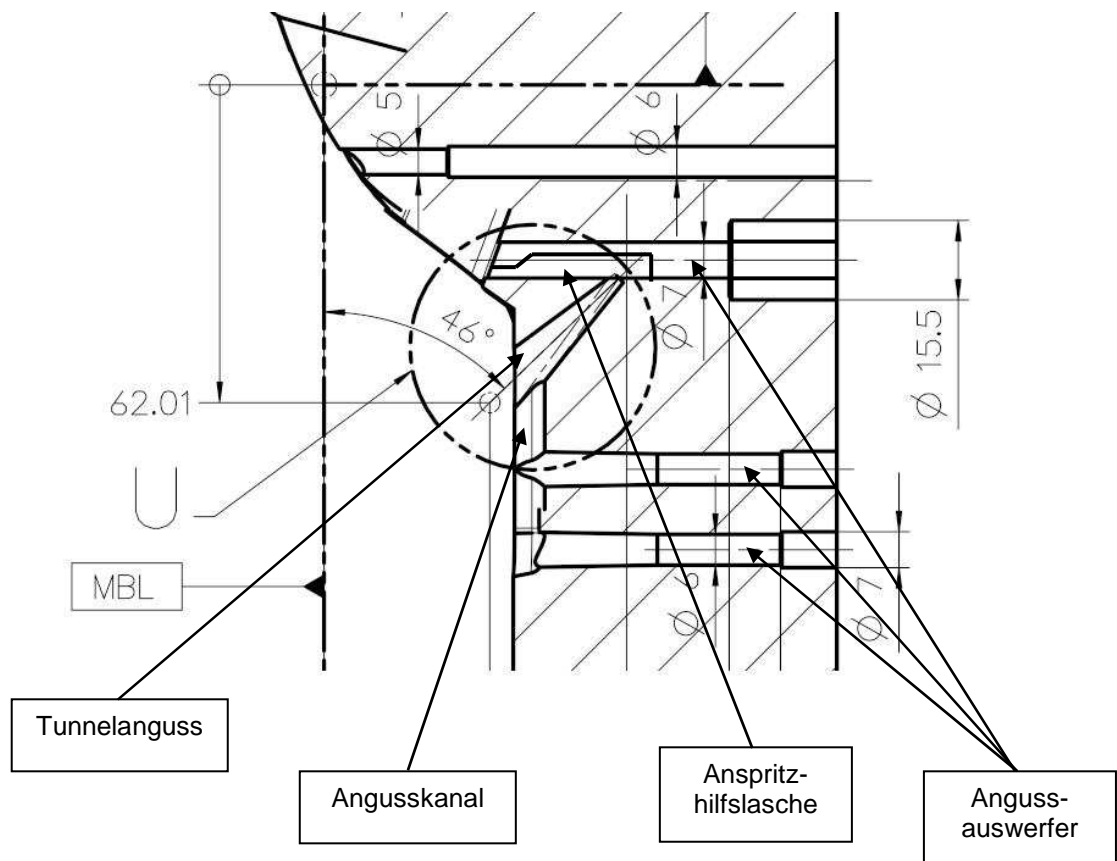


Bild 34: Tunnelanguss

Nach Fertigstellung des Konzeptes muss dieses in einer Besprechung mit dem Kunden beurteilt und bestätigt werden, bevor mit dem Konstruktionsentwurf begonnen werden kann. /2/

4.3 Konstruktionsentwurf

Nach Freigabe des Konzeptes kann aufbauend auf diesem der Konstruktionsentwurf erstellt werden. Neben dem Konzept enthält der Entwurf die Formtrennung, die Kühlung, die Form und Lage der Auswerfer, die genaue Dimensionierung des Angusses und die Anspritzung.

Die Formtrennung wird durch Ausformung der Dekorkante des Artikels modelliert. Dadurch wird ihre Geometrie ausschließlich durch die Lage des Artikels im Werkzeug bestimmt. Bei der Modellierung ist darauf zu achten, dass Formänderungen mit tangentialen Übergängen zu versehen sind. Dies ist wichtig, um

die Fräßbarkeit zu garantieren, da die Formtrennung die Touchierflächen in den Formeinsätzen bestimmt.

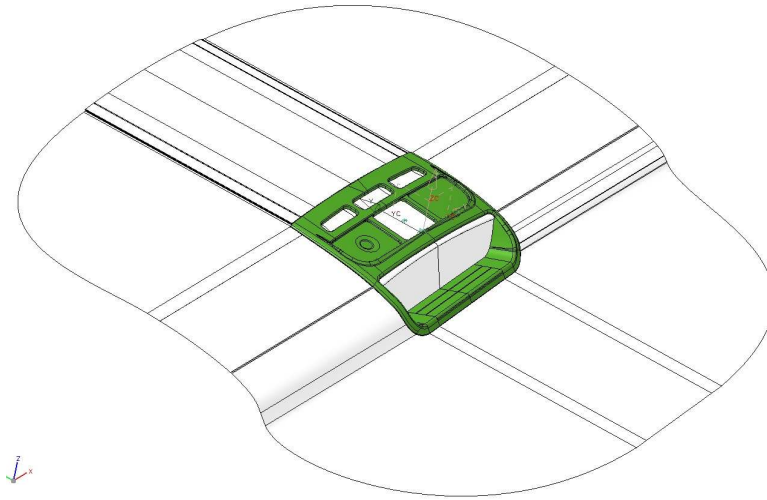


Bild 35: Formtrennung

Der hier verwendete Kunststoff benötigt für den Füllvorgang eine bestimmte Temperatur. Um dies zu erreichen, muss eine Temperierung in das Werkzeug eingebracht werden. Laut dem Pflichtenheft des Kunden soll diese getrennt in beiden Formplatten und Formeinsätzen vorhanden sein. Die Temperierung besteht aus Bohrungen, die seitlich in Formplatte und Formeinsatz eingebracht werden und einen Kreislauf mit einem Eingang und einem Ausgang darstellen. Dabei ist darauf zu achten, dass die Bohrungen gleichmäßig verteilt sind und einen konstanten Abstand zur Oberfläche aufweisen, um eine optimale Temperierung zu erreichen.

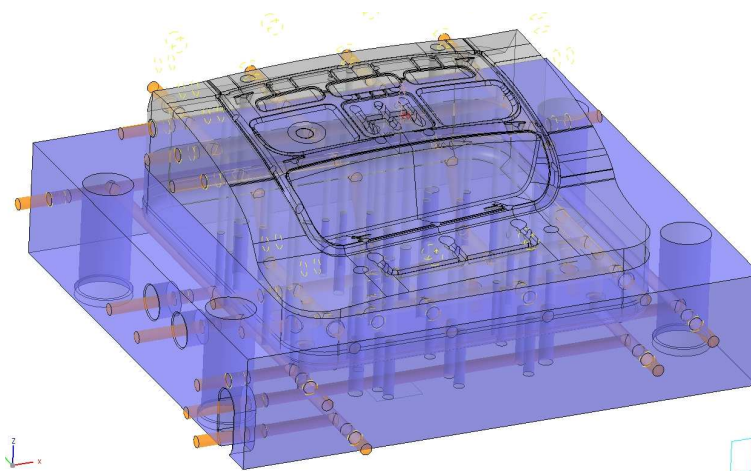


Bild 36: Kühlung

Bei den Entformungselementen wird sich bei diesem Werkzeug auf flache und runde Auswerfer beschränkt, was auch im Pflichtenheft des Kunden vermerkt ist. Dabei ist zu beachten, welchen Verwendungszweck die Auswerfer erfüllen sollen. Entsprechend dafür gibt es verschiedene Ausführungen und konstruktive Gestaltungen. Es sollte eine möglichst große Angriffsfläche der Auswerferstifte gewählt werden, um genügend Kraft auf das Spritzteil zu übertragen. Wichtig ist auch die Anzahl und die Anordnung der Auswerfer, um die Auswerferkräfte gleichmäßig in das Formteil einzuleiten, damit dieses sich nicht beim Auswerfen verbiegt oder durchgestanzt wird. Die Auswerfer sollten deshalb nah beieinander liegen und an Stellen von hoher Steifigkeit verbaut werden. Geeignet dafür sind Rippen und deren Kreuzungspunkte, Anspritzhilfzapfen, sowie die Bereiche entlang der äußeren Kontur des Spritzteiles. Auch ist zu beachten, dass Auswerfer sichtbare Spuren und eventuell Grat auf der Oberfläche des Artikels hinterlassen. Da aber hier die Auswerfer gegenüber der Sichtseite angreifen, sind diese kleineren Fehler vertretbar. /1/

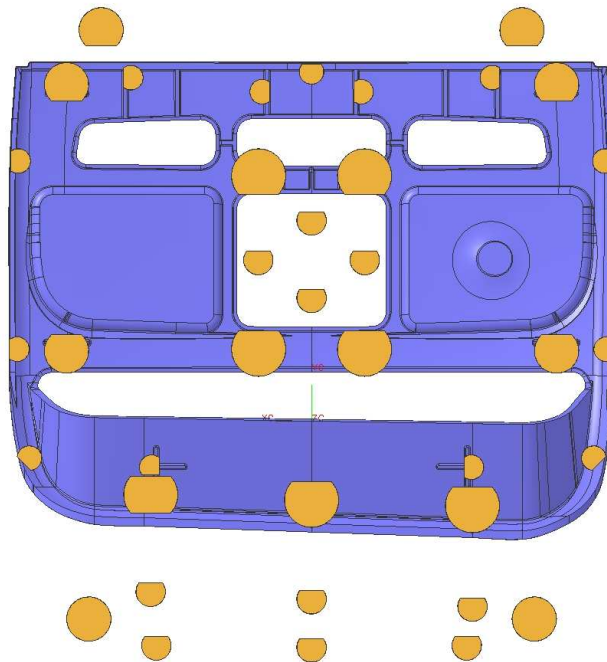
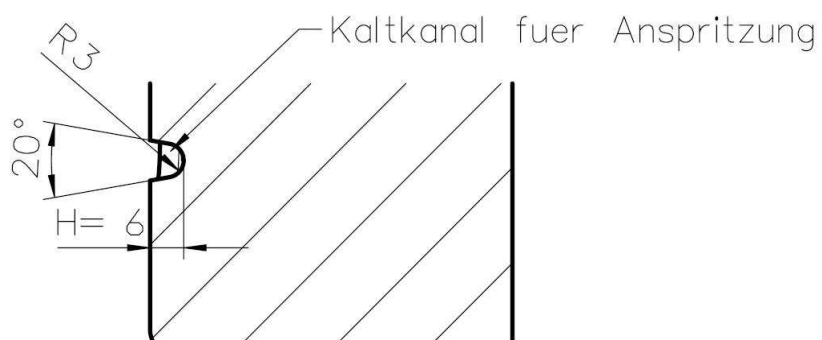
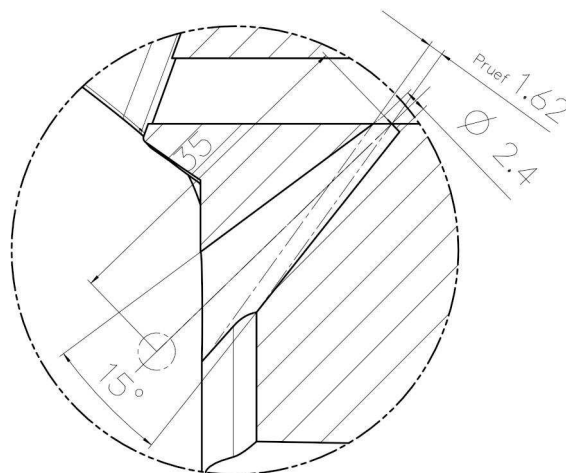


Bild 37: Positionen der Auswerfer

Bei der Dimensionierung des Angusskanals sind die Abmaße entsprechend einer Tabelle zu wählen. Bei einem Bodenradius von $R = 3 \text{ mm}$ ergibt sich für die Tiefe $H = 6 \text{ mm}$. Bei der Form des Tunnelangusses handelt es sich um einen Kegelstumpf. Die Dimensionierung des Tunnelangusses wurde während der Produktentwicklung mittels Moldflow-Analyse überprüft und festgelegt. Dabei ist die Länge des Kegels, der Kegelwinkel, der Bodendurchmesser und der Prüfdurchmesser ausschlaggebend.

Tabelle 3: Dimensionierung Angusskanal /2/

R [mm]	H [mm]
1	2
1,25	2,5
1,5	3
1,75	3,5
2	4
2,25	4,5
2,5	5
2,75	5,5
3	6

**Bild 38: Dimensionierung Angusskanal****Bild 39: Dimensionierung Tunnelanguss**

Zur Anspritzung gehört nicht nur der Kaltkanalverteiler, sondern vor allem auch das Heißkanalsystem. Dieses und die Abzugskörper für die Freifräsungen werden von einem Heißkanalhersteller komplett konstruiert. Der Hersteller übermittelt den 3D-Datensatz und die 2D-Zeichnung des Heißkanals. Somit kann der Heißkanal direkt in das Werkzeug eingebaut werden.

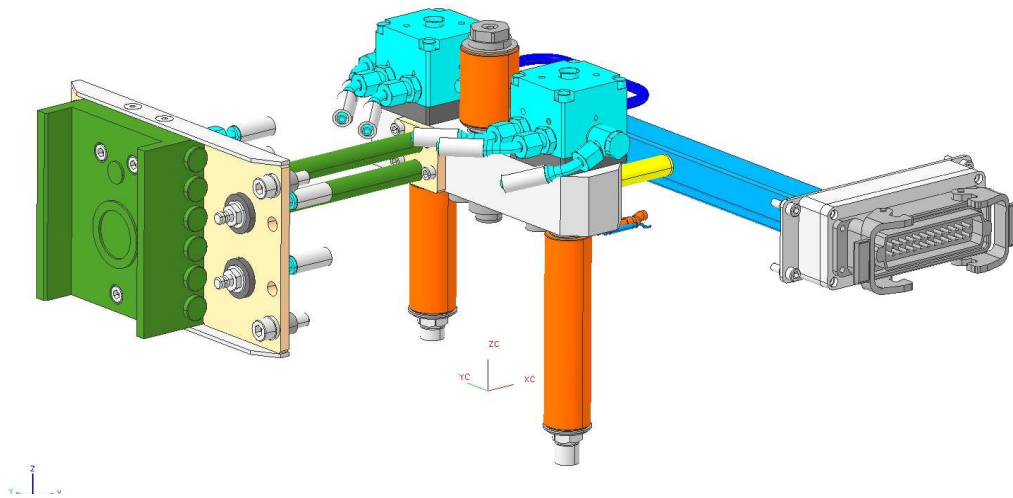


Bild 40: Heißkanal des Werkzeuges

Nach der Erstellung des Konstruktionsentwurfes wird dieser dem Kunden vorgestellt und muss von ihm bestätigt werden. Die Bestätigung des Entwurfes durch den Kunden ist gleichzeitig die Freigabe zur Materialbestellung. /2/

4.4 Fertigstellung der Werkzeugkonstruktion

Zum Schluss muss noch die Werkzeugkonstruktion nach der Entwurfsfreigabe fertiggestellt werden. Dazu wird eine zweite Moldflow-Analyse unter Berücksichtigung des kompletten Angussystems und der Temperierung durchgeführt. Ziel ist es, die Einstellparameter der Spritzgießmaschine für die Bemusterung zu ermitteln. Schließlich muss noch die Fertigstellung der 3D-Volumenkörper und die Zeichnungsableitung erfolgen, bevor die Konstruktion endgültig vom Kunden freigegeben wird. /2/

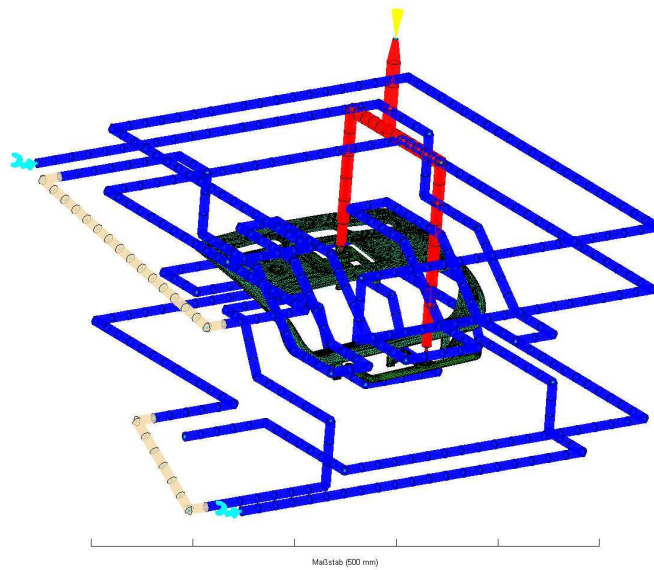


Bild 41: Analyse inklusive Angsssystem und Temperierung

Tabelle 4: Einstellparameter Spritzgießmaschine

Einstellparameter an der Spritzgießmaschine

Parameter	Wert
Werkzeugtemperatur	73 °C
Schmelzetemperatur	260 °C
Zuhaltekraft	1500 kN
Füllzeit	2,3 s
Umschaltdruck	56 Mpa
Abkühlzeit	20 s

5 Programmierung und Fertigung

Nach Fertigstellung der Werkzeugkonstruktion werden für alle Volumenkörper zentral in der Programmierung Programme für die Fertigung des Werkzeuges erstellt. Dies sind Fräsprogramme für Aufbauplatten und formgebende Bauteile und Programme für die Erodieretechnik und Schleiftechnik.

In der Fertigung werden dann die Bauteile in den Maschinen mithilfe der Programme gefertigt und danach in der Montage zusammengesetzt. Wichtig für die Fertigung ist es, auf eine fertigungsgerechte Zeichnungserstellung zu achten. Dabei sollten die Maßangaben sinnvoll gewählt sein und dem Bearbeitungsverfahren entsprechen. Weiterhin sollten die technologischen Aspekte unbedingt berücksichtigt werden. Die Bemaßung des Werkzeugaufbaus erfolgt grundsätzlich über die Formmitte (FM) beziehungsweise über die Maßbezugslinie (MBL). Besonderes Augenmerk bei der Zeichnungserstellung ist auf die Bemaßung des Angussystems zu legen. /2/

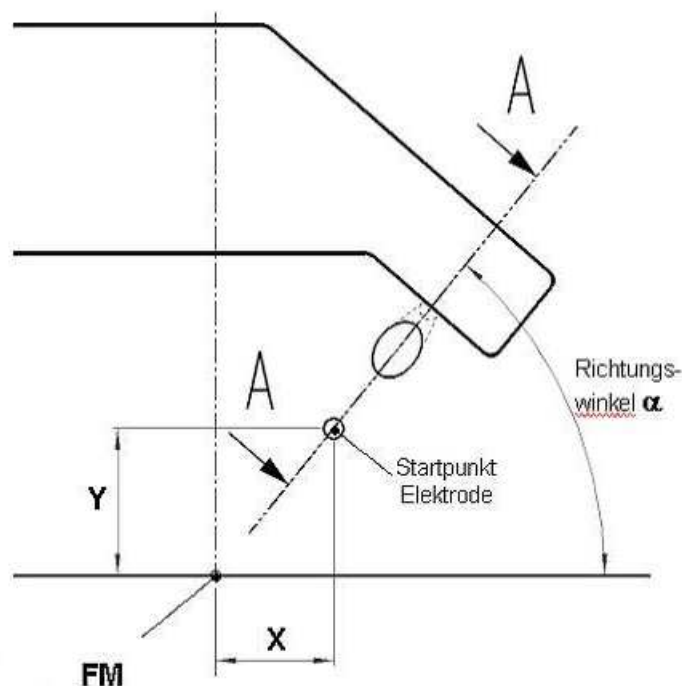
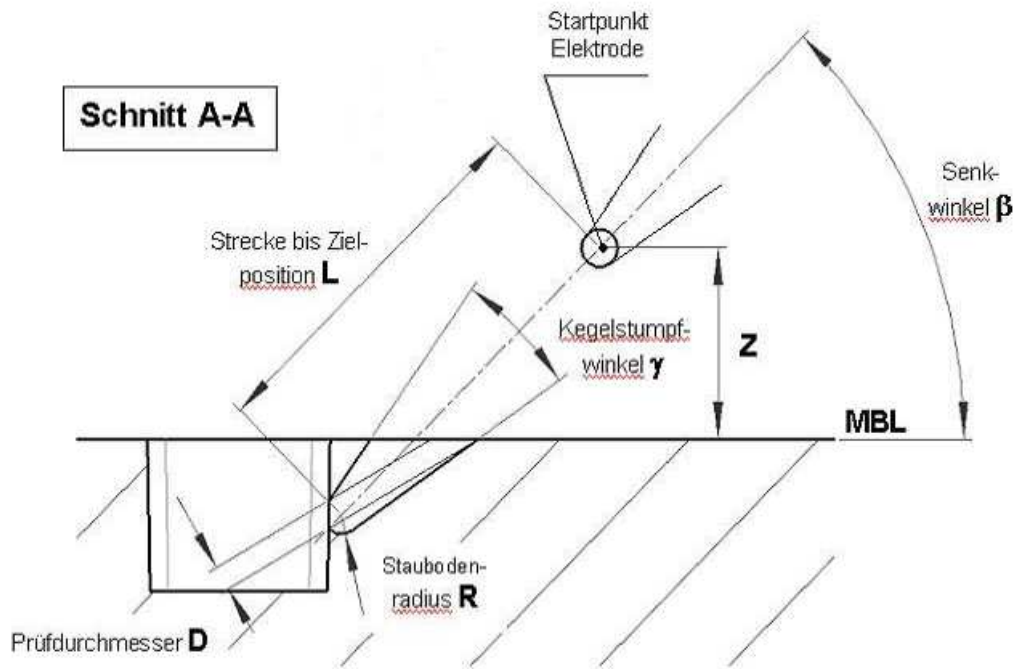


Bild 42: Angussbemaßung /2/

**Bild 43: Abgussbemaßung /2/**

6 Bemusterung

6.1 Voraussetzungen

Bevor ein Werkzeug bemustert werden kann, müssen zunächst sämtliche Voraussetzungen geschaffen werden. Das Werkzeug muss vom Konstrukteur abgenommen werden. Zur Bemusterung müssen alle Unterlagen vorliegen. Dazu gehört der Bemusterungsauftrag, in dem die Teilebezeichnung, die Spritzgießmaschine und das Material festgelegt ist. Außerdem müssen noch eine Artikelzeichnung und ein Zeichnungssatz vorhanden sein. Das in den technischen Spezifikationen angegebene Spritzgießmaterial muss beim Kunden angefordert werden. Mit dem Kunden muss ebenfalls die Anzahl der Temperiergeräte abgestimmt werden. Weiterhin kann die Herstellung von Mess- und Prüfvorrichtungen notwendig sein. Wenn die Teileentnahme mit einem Roboter erfolgt, muss ein Entnahmegreifer angefertigt und der Roboter programmiert werden. Dies ist aber in diesem Fall nicht notwendig, da die Teileentnahme per Hand erfolgt. /2/

6.2 Einstellparameter an der Spritzgießmaschine

Theoretisch wird die Bemusterung des Werkzeuges mit den zuvor in der Moldflow-Analyse ermittelten Einstellparametern für die Spritzgießmaschine durchgeführt. In der Praxis hat sich aber ergeben, dass es zu Abweichungen beim Füllgrad und Gewicht des Artikels kommt, wenn man die in der Moldflow-Analyse ermittelten Einstellparameter für das Spritzgießen benutzt. Daraus folgen Unterschiede zwischen den theoretischen Ergebnissen aus der Analyse und den real eingestellten Parametern an der Spritzgießmaschine, um eine optimale Füllung des Artikels zu erreichen.

Tabelle 5: Abweichungen Einstellparameter
Abweichungen bei den Einstellparametern

Parameter	theoretischer Wert	Ist-Parameter
Werkzeugtemperatur	73 °C	50 °C
Schmelzetemperatur	260 °C	260 °C
Zuhaltekraft	1500 kN	2000 kN
Füllzeit	2,3 s	2,6 s
Umschaltdruck	56 MPa	100 MPa
Abkühlzeit	20 s	20 s

Betrachtet man die Tabelle, so ist zu bemerken, dass es vor allem Abweichungen bei der Werkzeugtemperatur, der Zuhaltekraft und dem Umschaltdruck gibt. Diese Unterschiede können verschiedene Gründe haben. Ein Grund ist der Dichteunterschied zwischen der Schmelze in der Spritzeinheit und dem Schmelze-Feststoffgemisch im Spritzgießwerkzeug. Dieses Gemischverhältnis ist abhängig von der Einspritzzeit und der Einspritzgeschwindigkeit. Ein weiterer Grund ist die Kompressibilität des Spritzmaterials, woraus Schwierigkeiten in der Ermittlung des Dosierweges der Spritzeinheit resultieren. Des Weiteren kann es zu einer Leckage der Rückstromsperre in der Spritzeinheit kommen. Der grobe Verlauf des Druckes wird wahrscheinlich von der Moldflow-Analyse richtig simuliert, allerdings ist der Umschaltzeitpunkt so spät gesetzt, dass es am Ende des Spritzvorganges zu einem steilen Anstieg des Druckes kommt. Dies hat zur Folge, dass es bei geringen zeitlichen Änderungen des Umschaltpunktes zu starken Änderungen des Umschaltdruckes kommt.

6.3 Vergleich der Ergebnisse der Füllanalyse mit dem Artikel

Wenn man die Einstellparameter der Spritzgießmaschine so wählt, dass der Artikel komplett gefüllt wird, so kann man erkennen, dass der zeitliche Verlauf der Füllung in der Moldflow-Analyse gut nachgebildet wird. Vergleicht man die theoretischen Ergebnisse der Analyse mit den realen Füllgraden an bestimmten Zeitpunkten, so gibt es eine große Übereinstimmung. Auch die Bildung von Binde-
nähten lässt sich mit der Moldflow-Analyse gut vorhersagen. Wichtig ist auch, dass der Artikel keinerlei Oberflächenfehler aufweist. Im Vorhinein wurden mit der Analyse etwaige Fehlerquellen erkannt und konstruktiv beseitigt.

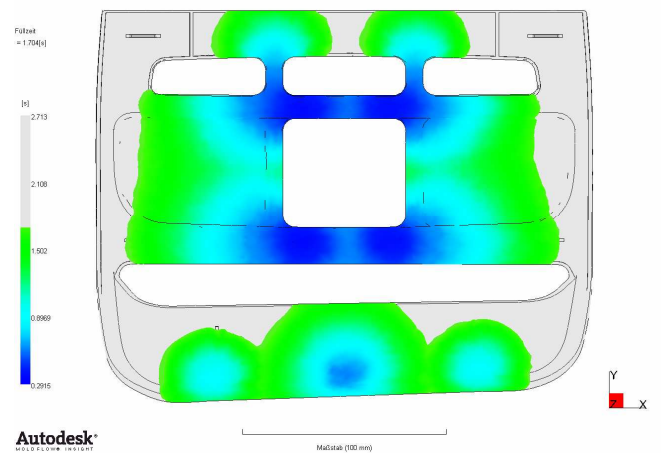


Bild 44: Füllanalyse Zeitpunkt 1



Bild 45: Spritzteil Zeitpunkt 1

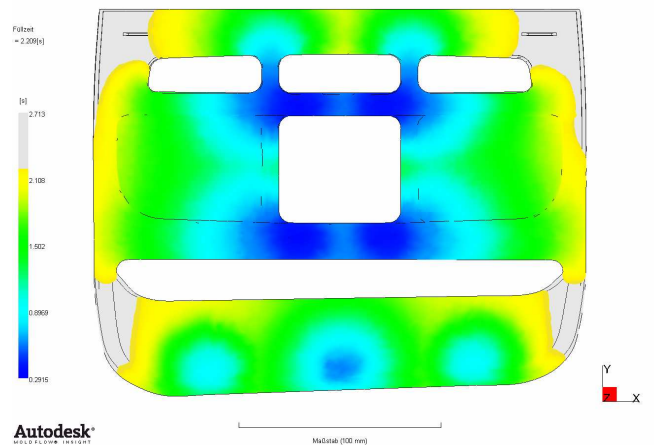


Bild 46: Füllanalyse Zeitpunkt 2



Bild 47: Spritzteil Zeitpunkt 2

6.4 Bewertung und Korrekturen am Werkzeug

Wie schon erwähnt, brachte die Bemusterung fast fehlerfreie Spritzteile. Mit den tatsächlich eingestellten Prozessparametern an der Spritzgießmaschine wurde eine optimale Formfüllung erreicht. Am Artikel wurde weder Grat noch wurden sonstige Oberflächenfehler festgestellt. Jedoch verlief die Entnahme des Teils aus dem Werkzeug nach dem Spritzvorgang etwas schwergängig, da die Hinter-schnitte der Anspritzhilfszapfen zu groß ausgeführt waren. Daher mussten die Konturen der Hilfszapfenauswerfer nachgearbeitet werden, um eine leichter zu entformende Geometrie zu erreichen.

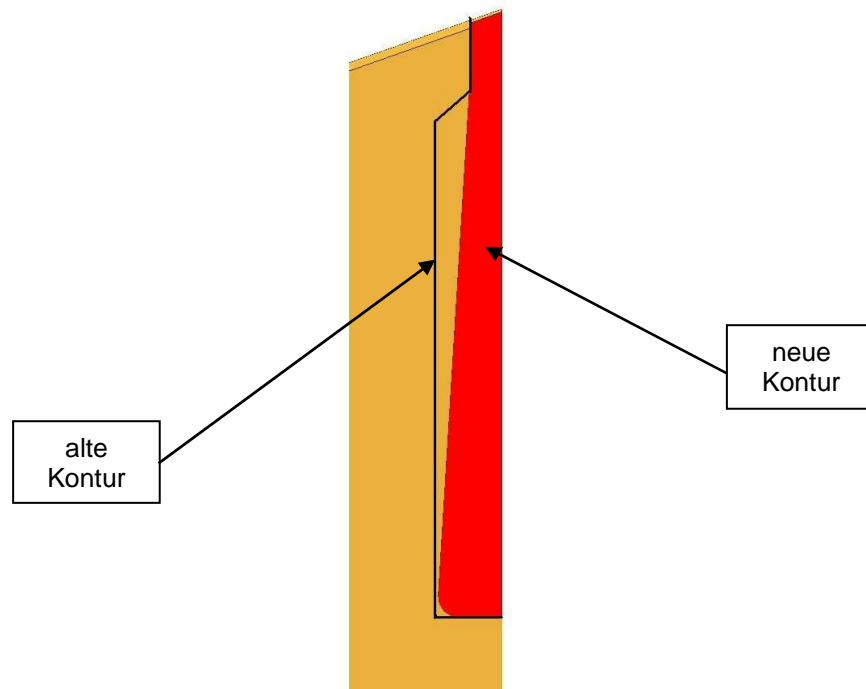


Bild 48: Nachbearbeitung der Kontur

Außerdem wurde noch festgestellt, dass der Angusskanal und der Angusszapfen nachpoliert werden müssen, um zu vermeiden, dass sich dort Kunststoffabrieb festsetzt, der die Formfüllung beeinflussen könnte. Schließlich musste noch die Hochglanzpolitur in der düsenseitigen Kavität fertiggestellt werden, um die vom Kunden geforderte Oberflächenqualität auf der Sichtseite des Artikels zu gewährleisten. Diese Politur wird erst nach der Bemusterung fertiggestellt, da diese sehr aufwendig und kostenintensiv ist und um sicher zu stellen, dass bei etwaigen Änderungen der Kavität die Politur nicht nochmals eingebracht werden muss.

7 Zusammenfassung und Ausblick

Gegenstand dieser Arbeit war die Konstruktion eines Insert Molding-Spritzgießwerkzeuges. Zu Beginn stand die Produktentwicklung des Artikels. Dafür wurde ausgehend von den Kundenvorgaben und den Randbedingungen der Datensatz für die Mittelblende erstellt, deren Geometrie mittels Füllanalyse kontrolliert wurde. Darauf aufbauend konnte von der Konzepterstellung über den Konstruktionsentwurf bis zur Fertigstellung die Werkzeugkonstruktion nachvollzogen werden. Dabei musste für die komplette Konstruktion eine Moldflow-Analyse durchgeführt werden, bei der die Einstellparameter für die Spritzgießmaschine ermittelt wurden. Bei der anschließenden Bemusterung des Werkzeuges und Bewertung des Artikels wurden die Möglichkeiten, aber auch die Grenzen der Analyse aufgezeigt. Schließlich mussten noch die festgestellten Mängel am Werkzeug abgestellt werden.

Wie im Laufe dieser Arbeit dargestellt, brachte die Simulation bei den Füllgraden hohe Übereinstimmungen mit der tatsächlichen Füllung während der Bemusterung. Allerdings wichen einige theoretisch ermittelte Einstellparameter an der Spritzgießmaschine im Vergleich mit den praktisch notwendigen Werten sehr stark ab. Um die Diskrepanz zwischen diesen Werten anzunähern, müssen die theoretischen Ergebnisse aus der Analyse mit den Ist-Parametern an der Spritzgießmaschine anhand mehrerer Beispiele verglichen werden. Dazu wurde auch ein Druckfühler eingebracht, um den tatsächlich benötigten Druckbedarf zu ermitteln. Damit dieses Problem innerhalb des komplexen Prozesses des Spritzgießens gelöst werden kann, muss man sich natürlich mit den Vertretern des Werkzeugbaus, des Spritzgießmaschinenherstellers, des Heißkanalherstellers und der Softwareentwicklung in Verbindung setzen. Dadurch wurde ein erster Anstoß gegeben, um Simulationen noch mehr in den Konstruktionsablauf einzugliedern und genauere Ergebnisse erreichen zu können.

KM 250 1000-380 CXZ

Schließeinheit	Einheit	
Schließkraft	kN	2500
Leichte Weite (h / v)	mm	710 / 630
Aufspannplatte (h / v)	mm	1075 / 1050
Öffnungsweite max.	mm	1150
Werkzeugeinbauhöhe min.	mm	330
Werkzeugöffnungsweg	mm	820
Auswerferhub	mm	200
Hauptspritzaggregat		SP 1000
Arbeitsvermögen		995
Schneckendurchmesser	mm	55
Ls/D Verhältnis		20
Spritzdruck	bar	1904
Hubvolumen	ccm	523
Schussgewicht PS	g	476
Nebenaggregat		SP 380
Arbeitsvermögen		374
Schneckendurchmesser	mm	40
Ls/D Verhältnis		20
Spritzdruck	bar	1860
Hubvolumen	ccm	201
Schussgewicht PS	g	183
Maße und Gewichte		
Nettogewicht mit Schaltschrank	kg	15500
Länge / Breite / Höhe	m	6,2 / 2,2 / 2,5
Werkzeuggewicht max.	kg	3430
Ausrüstung		
Pneumatikventil für Blasfunktion	Stück / Ort	1 / FWAP
Hydraulische Kernzugsteuerung	Stück / Ort	2 / FWAP
Hydraulische Kernzugsteuerung	Stück / Ort	3 / BWAP
Kaskadensteuerung Pneum. / Hydr.	Stück	16
Druckspeicher für erhöhten Spritzdruck	Stück	1
Heißkanalregelstellen	Stück	16
Drehtisch integrierte Bauart	Stück	1
Hydraulischer Indexplattenantrieb KM	Stück	1
Elektromotorischer Indexplattenantrieb KM	Stück	1
Frei programmierbare Ein u. Ausgänge	Stück	3
Mechanische Höhenverstellung Nebenaggregat	von / bis	240mm / 300mm
Hydraulische Auswerferplatte	Stück	1
Schnittstelle Bolt On für 3.Komponente		
Roboterausrüstung		
6 Achs Industrieroboter / Fa. KuKa	Arbeitslast kg	6
Saugkreise	Stück	2
Greiferkreise	Stück	2
Förderbandsteuerung		
Förderband	Stück	1

Bild 50: Datenblatt Spritzgießmaschine

KM 250 / 300 CX V MultiInject

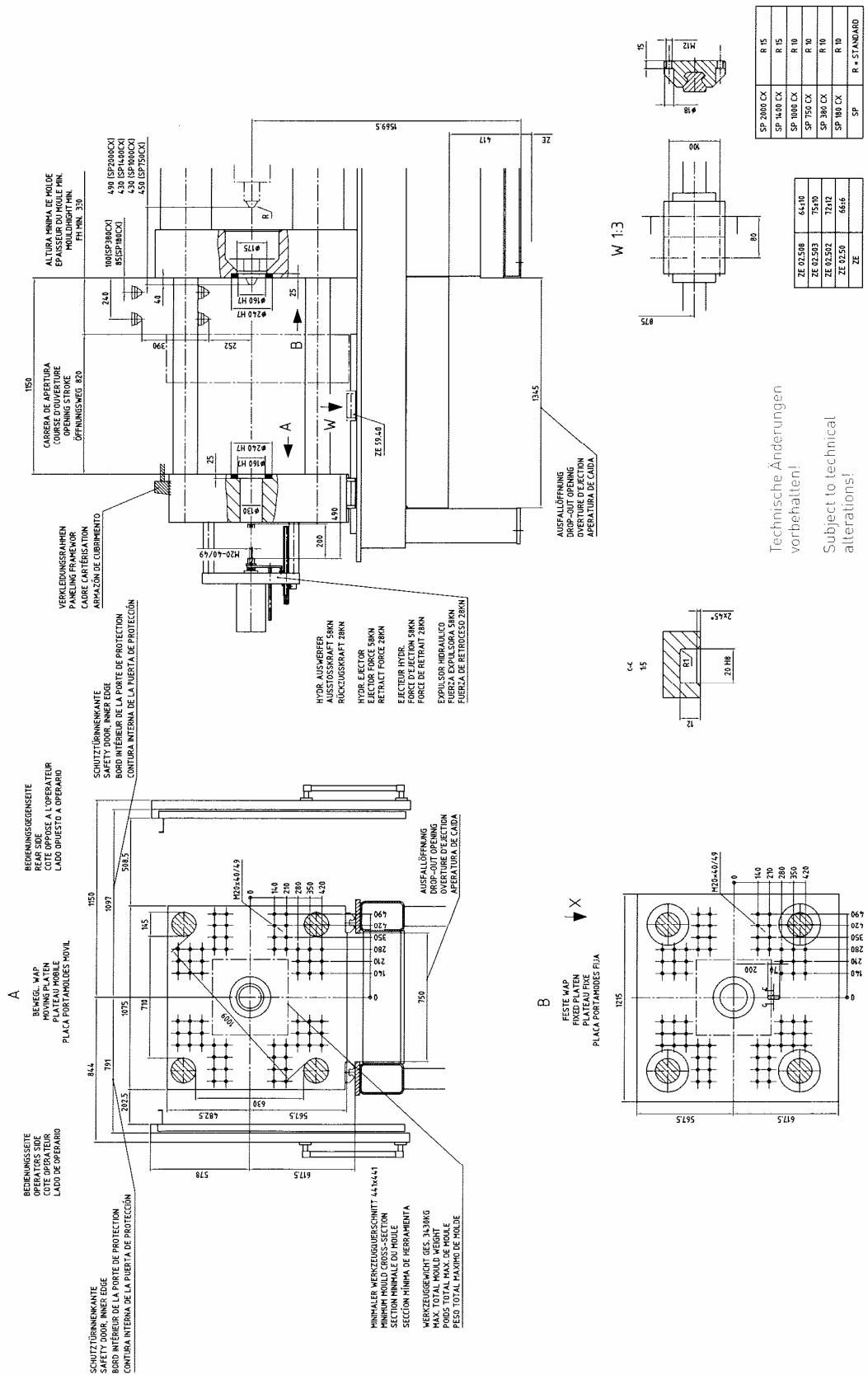
Technische Änderungen
vorbehalten!Subject to technical
alterations!

Bild 51: Datenblatt Spritzgießmaschine

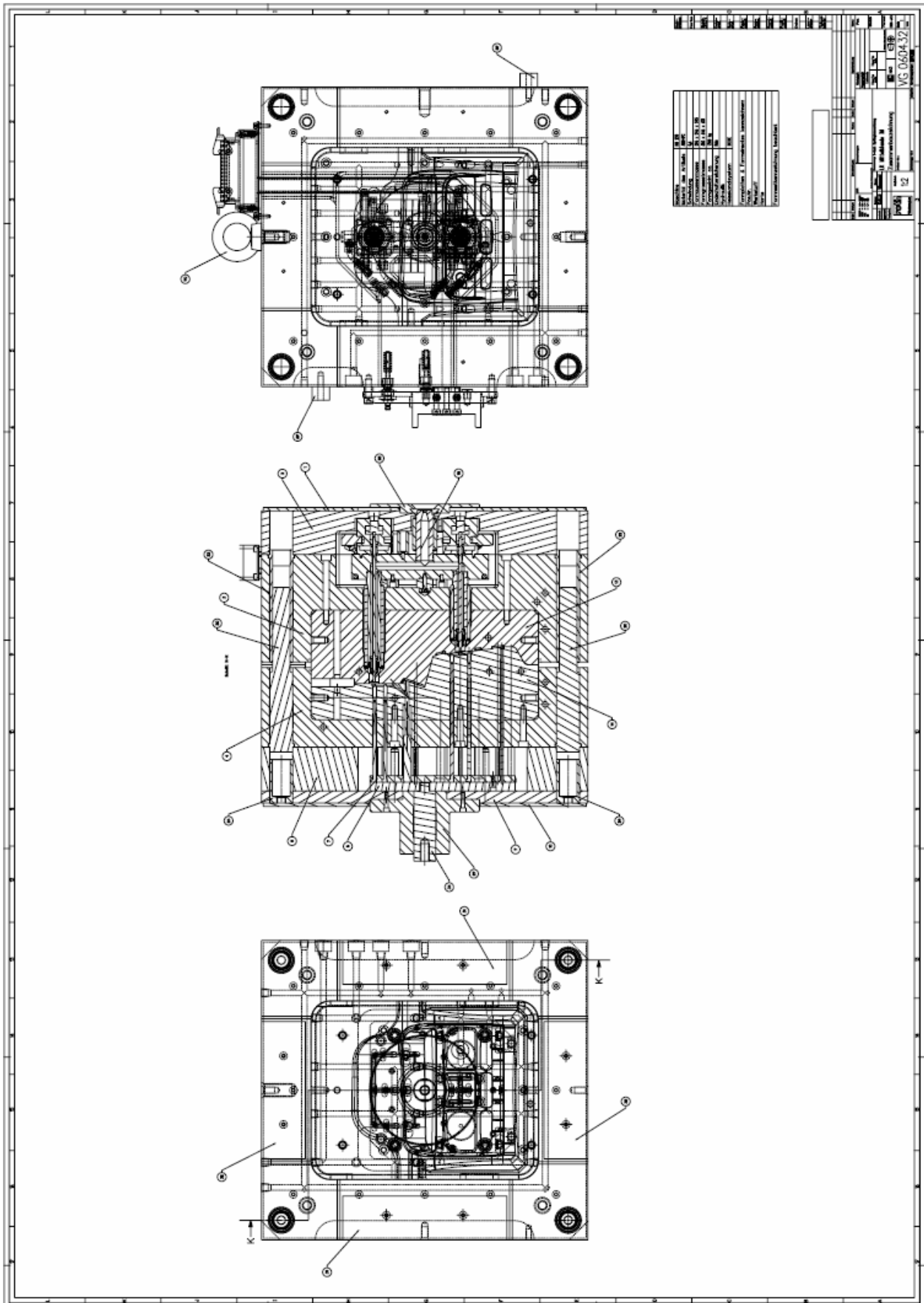


Bild 52: Zusammenbauzeichnung

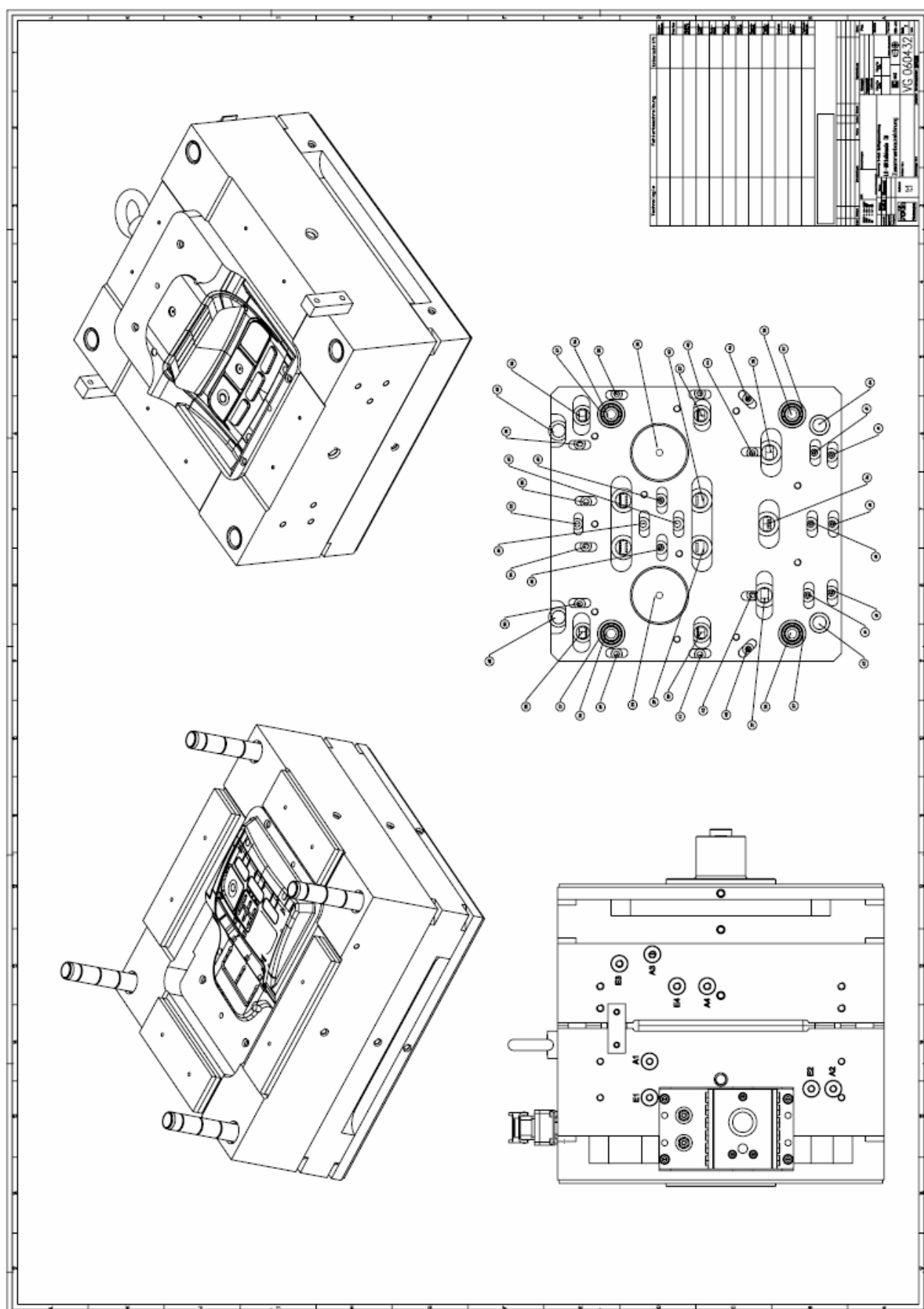


Bild 53: Zusammenbauzeichnung

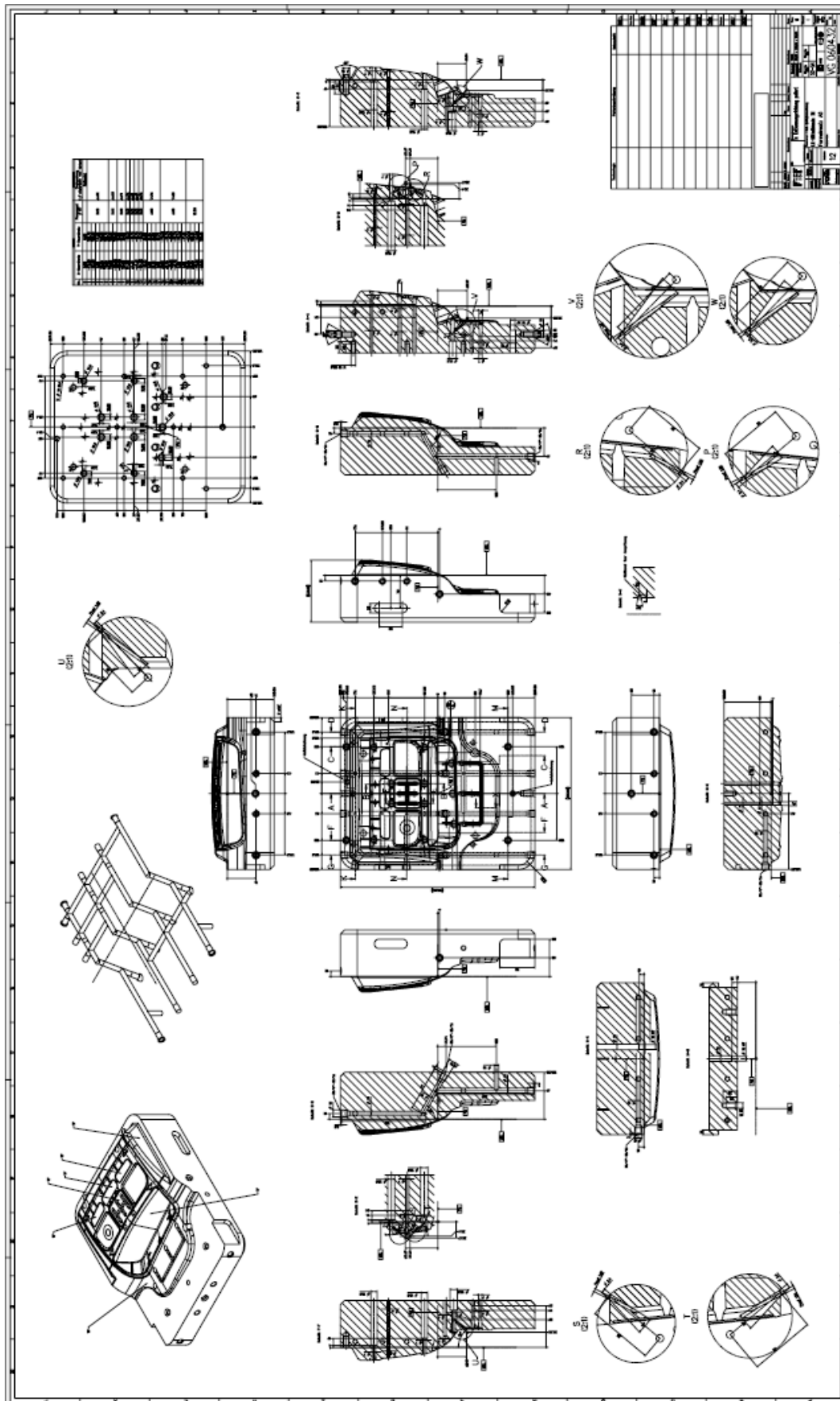


Bild 54: Formeinsatz Auswerferseite

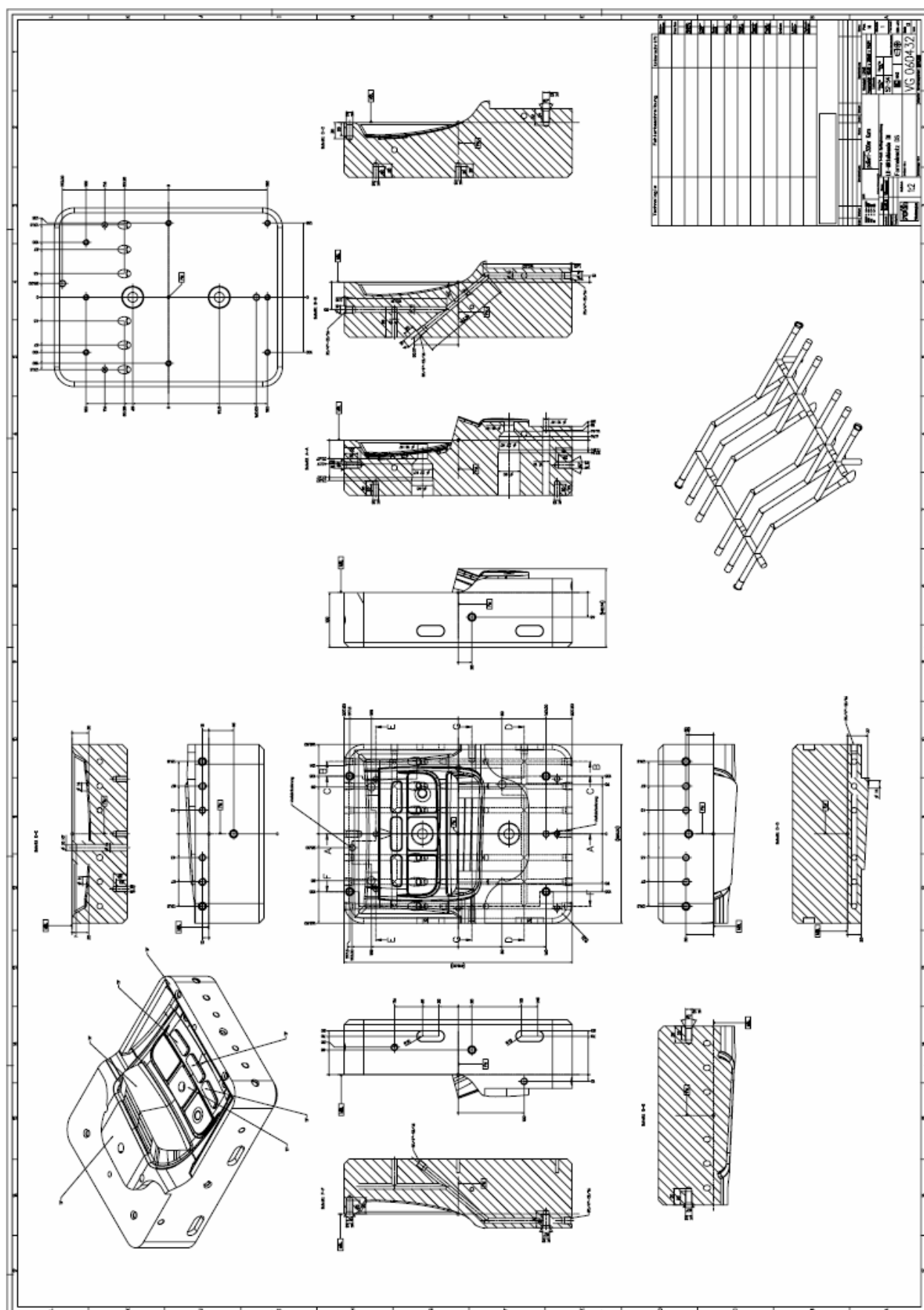


Bild 55: Formeinsatz Düsenseite

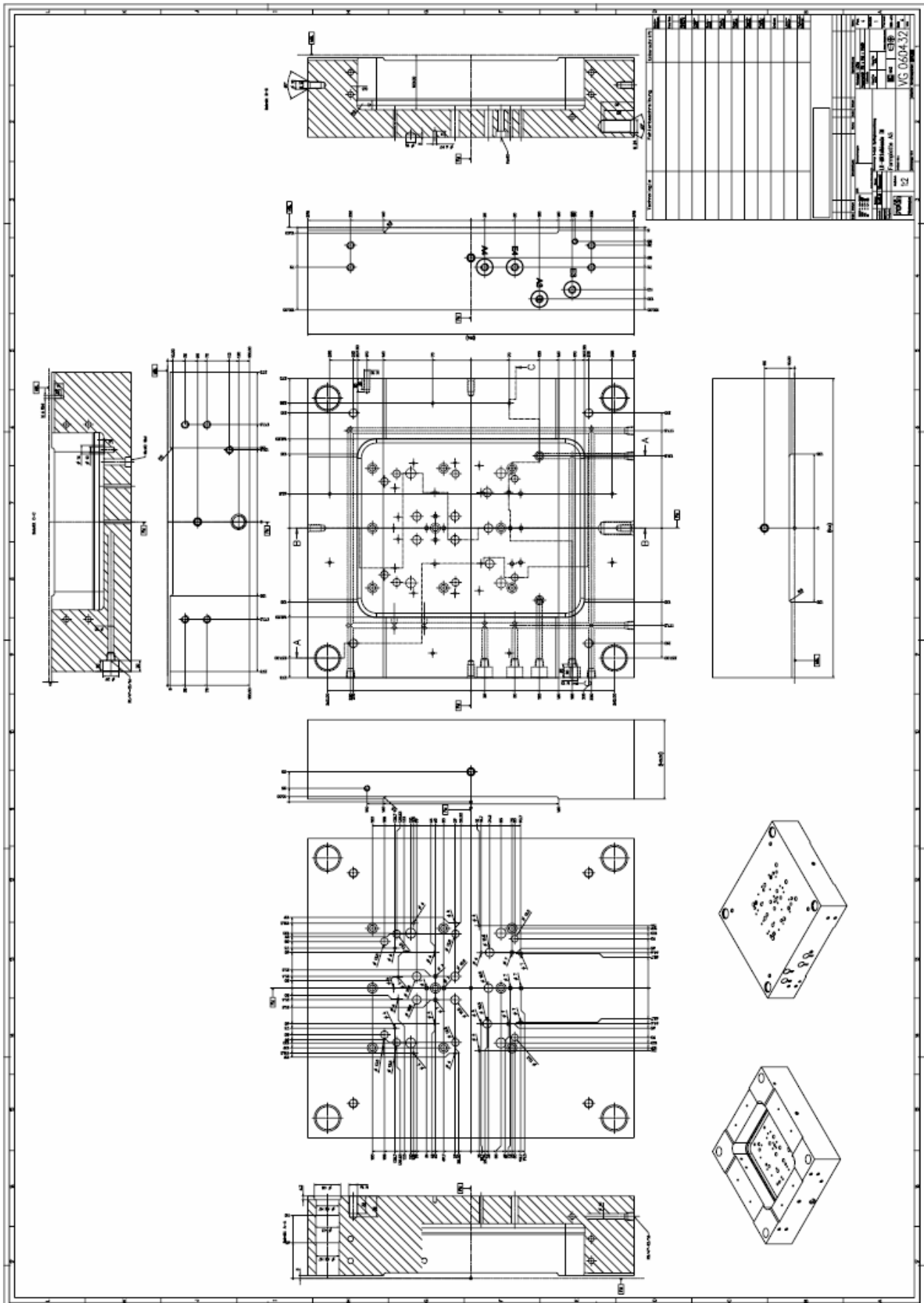


Bild 56: Formplatte Auswerferseite

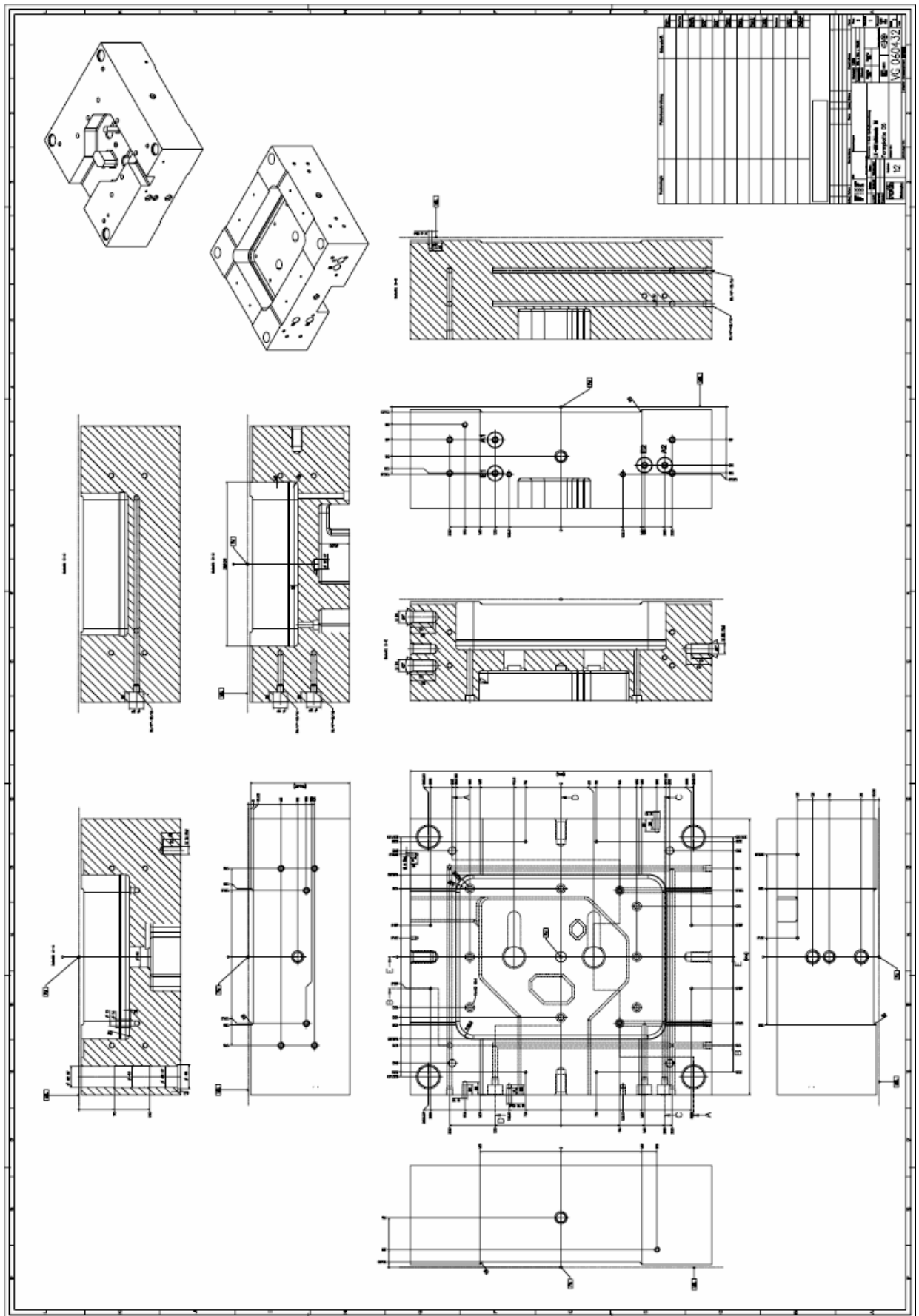


Bild 57: Formplatte Düsenplatte

Literaturverzeichnis

- /1/ Menges, Georg; Mohren, Paul: Anleitung zum Bau von Spritzgießwerkzeugen – 3. Aufl. München, Wien: Hanser, 1991
- /2/ Richtlinien und Festlegungen zum Konstruktionsablauf in der Firma Roth Werkzeugbau GmbH, interne Firmenschrift
- /3/ Leonhard Kurz Stiftung & Co. KG, URL:
<http://www.kurz.de/kurzweb/de/home.nsf/contentview>, verfügbar am 24.11.2010

Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe.

Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht.

Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Bearbeitungsort, Datum

Unterschrift

Danksagung

Für die Betreuung und Unterstützung während des Verfassens meiner Bachelorarbeit bedanke ich mich bei meinem Betreuer seitens der Hochschule Mittweida Herrn Prof. Dr.-Ing. Uwe Mahn und bei meinem Betreuer seitens der Firma Roth Werkzeugbau Herrn Dipl.-Ing. Rainer Roth. Dank gilt auch meinen Kollegen für die Unterstützung, insbesondere sind hier Herr Karsten Barth und Herr Hendryk Scheibe zu nennen.